

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

**PRESCRIPTII  
DE PROIECTARE A PĂRȚII  
ELECTRICE  
A CENTRALELOR ȘI STATIILOR**

Vol. I

BUCUREȘTI — 1980

**MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE**

**PRESCRIPTII  
DE PROIECTARE A PĂRȚII  
ELECTRICE  
A CENTRALELOR ȘI STAȚIILOR**

**Vol. I  
CIRCUITE PRIMARE**

**ICEMENERG  
BUCUREȘTI — 1980**

Lucrările cuprinse în vol. I au fost elaborate de I.S.P.E.  
(PE 101, PE 102, PE 103, PE 111—1...6 și PE 134) și de  
C.I.R.E.-S.C.P. (PE 111—10...12)

*Coordonatori de lucrare :*

ing. V. Grigoriu — M.E.E., Direcția tehnică  
și ing. D. Voinea — I.S.P.E.

## PREFAȚA

*Prezenta colecție de prescripții de proiectare a părții electrice a centralelor și stațiilor, se adresează colectivelor de proiectare de specialitate din institutele de proiectare și cercetare, din centralele industriale, din întreprinderile de rețele electrice, din trusturile de montaj și cadrelor didactice și cursanților din învățământul superior și mediu în specialitatea electroenergetică.*

*Cele 20 de prescripții care compun colecția de față au fost elaborate în perioada 1969—1978 de către colective de specialiști cu experiență în sector, fiind publicate în această perioadă în fascicule separate.*

*Pentru ușurința aplicării, întregul material a fost grupat în două volume, pe categorii de instalații, și anume :*

- vol. I — Circuite primare ;*
- vol. II — Circuite secundare și servicii proprii.*

*În forma în care se publică, textul normativelor și instrucțiunilor este actualizat în conformitate cu prevederile standardelor și ale celorlalte reglementări tehnice valabile la 1.01.1980, pasajele îmbunătățite fiind evidențiate marginal prin romburi. De asemenea, au fost reactualizate sau — după caz — anulate unele anexe la prescripții, care se refereau la standarde și prescripții modificate sau abrogate.*

*În vederea introducerii progresului tehnic și a generalizării experienței înaintate în activitatea de proiectare a părții electrice a centralelor și stațiilor, unitățile sînt rugate să facă propuneri de îmbunătățire în continuare a acestor prescripții.*

**MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE**

**Direcția tehnică**





## C U P R I N S

		<u>Pag.</u>
1. <b>PE 101/77</b>	— Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV . . . . .	7
2. <b>PE 102/69</b>	— Normativ pentru proiectarea instalațiilor de conexiuni și distribuție cu tensiuni pînă la 1 000 V c.a. în unitățile energetice . . . . .	91
3. <b>PE 103/70</b>	— Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice, în condițiile curenților de scurtcircuit . . . . .	113
4. <b>PE 111-1/75</b>	— Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare. Întreruptoare de înaltă tensiune . . . . .	131
5. <b>PE 111-2/75</b>	— Idem. Transformatoare de tensiune . . . . .	181
6. <b>PE 111-3/75</b>	— Idem. Transformatoare de curent . . . . .	207
7. <b>PE 111-4/75</b>	— Idem. Conductoare neizolate rigide . . . . .	235
8. <b>PE 111-5/75</b>	— Idem. Separatoare de înaltă tensiune . . . . .	305
9. <b>PE 111-6/75</b>	— Idem. Conductoare neizolate flexibile . . . . .	331

		<u>Pag.</u>
10. <b>PE 111-10/78</b>	— Idem. Stații electrice de distribuție de 6—20 kV . . . .	401
11. <b>PE 111-11/78</b>	— Idem. Baterii de condensatoare șunt . . . . .	433
12. <b>PE 111-12/78</b>	— Idem. Bobine de reactanță .	473
13. <b>PE 134/74</b>	— Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurt-circuit în rețelele electrice cu tensiunea peste 1 kV . . . .	507

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Normativ pentru construcția in- stalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV	PE 101/77																																												
		Grupa 1 Electro- energetică																																												
<div>C U P R I N S</div> <table><tr><td>1. Generalități . . . . .</td><td>9</td></tr><tr><td>1.1. Domeniul de aplicare . . . . .</td><td>9</td></tr><tr><td>1.2. Definiții . . . . .</td><td>10</td></tr><tr><td>2. Amplasarea instalațiilor electrice . . . . .</td><td>14</td></tr><tr><td>2.1. Condiții generale . . . . .</td><td>14</td></tr><tr><td>2.2. Amplasarea instalațiilor de exterior . . . . .</td><td>22</td></tr><tr><td>2.3. Amplasarea instalațiilor de interior . . . . .</td><td>23</td></tr><tr><td>3. Scheme de conexiuni și alegerea echipamentului electric . . . . .</td><td>23</td></tr><tr><td>4. Instalații electrice de exterior . . . . .</td><td>30</td></tr><tr><td>4.1. Condiții generale . . . . .</td><td>30</td></tr><tr><td>4.2. Distanțe de izolare în aer . . . . .</td><td>32</td></tr><tr><td>4.3. Distanțe de protecție . . . . .</td><td>37</td></tr><tr><td>4.4. Coridoare și accese . . . . .</td><td>43</td></tr><tr><td>4.5. Dispunerea fazelor și marcarea . . . . .</td><td>44</td></tr><tr><td>4.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere . . . . .</td><td>45</td></tr><tr><td>5. Instalații electrice de interior . . . . .</td><td>47</td></tr><tr><td>5.1. Condiții generale . . . . .</td><td>47</td></tr><tr><td>5.2. Distanțe de izolare în aer . . . . .</td><td>54</td></tr><tr><td>5.3. Distanțe de protecție . . . . .</td><td>56</td></tr><tr><td>5.4. Coridoare și accese . . . . .</td><td>61</td></tr><tr><td>5.5. Dispunerea fazelor și marcarea . . . . .</td><td>65</td></tr><tr><td>5.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere . . . . .</td><td>66</td></tr></table>			1. Generalități . . . . .	9	1.1. Domeniul de aplicare . . . . .	9	1.2. Definiții . . . . .	10	2. Amplasarea instalațiilor electrice . . . . .	14	2.1. Condiții generale . . . . .	14	2.2. Amplasarea instalațiilor de exterior . . . . .	22	2.3. Amplasarea instalațiilor de interior . . . . .	23	3. Scheme de conexiuni și alegerea echipamentului electric . . . . .	23	4. Instalații electrice de exterior . . . . .	30	4.1. Condiții generale . . . . .	30	4.2. Distanțe de izolare în aer . . . . .	32	4.3. Distanțe de protecție . . . . .	37	4.4. Coridoare și accese . . . . .	43	4.5. Dispunerea fazelor și marcarea . . . . .	44	4.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere . . . . .	45	5. Instalații electrice de interior . . . . .	47	5.1. Condiții generale . . . . .	47	5.2. Distanțe de izolare în aer . . . . .	54	5.3. Distanțe de protecție . . . . .	56	5.4. Coridoare și accese . . . . .	61	5.5. Dispunerea fazelor și marcarea . . . . .	65	5.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere . . . . .	66
1. Generalități . . . . .	9																																													
1.1. Domeniul de aplicare . . . . .	9																																													
1.2. Definiții . . . . .	10																																													
2. Amplasarea instalațiilor electrice . . . . .	14																																													
2.1. Condiții generale . . . . .	14																																													
2.2. Amplasarea instalațiilor de exterior . . . . .	22																																													
2.3. Amplasarea instalațiilor de interior . . . . .	23																																													
3. Scheme de conexiuni și alegerea echipamentului electric . . . . .	23																																													
4. Instalații electrice de exterior . . . . .	30																																													
4.1. Condiții generale . . . . .	30																																													
4.2. Distanțe de izolare în aer . . . . .	32																																													
4.3. Distanțe de protecție . . . . .	37																																													
4.4. Coridoare și accese . . . . .	43																																													
4.5. Dispunerea fazelor și marcarea . . . . .	44																																													
4.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere . . . . .	45																																													
5. Instalații electrice de interior . . . . .	47																																													
5.1. Condiții generale . . . . .	47																																													
5.2. Distanțe de izolare în aer . . . . .	54																																													
5.3. Distanțe de protecție . . . . .	56																																													
5.4. Coridoare și accese . . . . .	61																																													
5.5. Dispunerea fazelor și marcarea . . . . .	65																																													
5.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere . . . . .	66																																													
Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 43/77	Înlocuiește : PE 101/71	Data intrării în vigoare : 1.03.1977																																												

<b>6. Condiții privind instalarea echipamentului electric .</b>	<b>67</b>
6.1. Condiții generale . . . . .	67
6.2. Aparate de conectare . . . . .	67
6.3. Transformatoare de putere și măsură . . . . .	69
6.4. Bobine . . . . .	77
6.5. Descărcătoare . . . . .	78
6.6. Condiții speciale privind instalarea echipamentului cu ulei . . . . .	78
6.7. Căi de curent . . . . .	82
6.8. Instalații de stingere a incendiilor la transformatoare	87
<b>7. Diverse instalații și amenajări . . . . .</b>	<b>88</b>
<b>Anexa 1. Harta zonelor climatice din România.</b>	<b>90</b>



## 1. GENERALITAȚI

### 1.1. Domeniul de aplicare

**1.1.1.** Prezentul normativ se aplică la proiectarea și la executarea instalațiilor electrice (definite conform art. 1.2.2.) fixe, de curent alternativ, cu tensiunea nominală mai mare de 1 kV până la 400 kV inclusiv, cu frecvența nominală până la 60 Hz inclusiv (de exemplu: stații de conexiuni, de transformare, celule sub generator, posturi de transformare supraterane, subterane, pe stâlpi și în clădiri, puncte de alimentare etc.).

Acest normativ poate fi de asemenea aplicat — ținând seama de particularitățile respective — și pentru instalații de curent continuu a căror tensiune (inclusiv eventualele componente alternative) poate depăși, chiar pentru un timp scurt, valoarea de 1,5 kV.

Normativul nu se aplică unor instalații electrice cu caracter special (de exemplu, instalațiilor electrice pentru tracțiune electrică, pentru mine, electrochimice, în încăperi cu pericol de explozie etc.) pentru care se întocmesc de regulă prescripții tehnice speciale.

**1.1.2.** Instalațiile care la data intrării în vigoare a prezentului normativ sînt executate, în curs de execuție sau cu cel puțin una din fazele de proiectare aprobate, fiind însă elaborate în conformitate cu alte prescripții urmează a fi adaptate prezentului normativ numai în măsura în care exploatarea lor prezintă inconveniente deosebite.

Adaptarea la prezentul normativ se face din inițiativa beneficiarului.

**1.1.3.** Extinderea instalațiilor aflate în funcțiune sau înlocuirea unor echipamente din acestea se admite a se face în conformitate cu vechile prescripții 13/61, 1E-1-68 sau PE 101/71, ținînd seama și de prevederile din art. 1.1.2. și numai dacă

realizarea extinderii sau înlocuirea unor echipamente în conformitate cu prezentul normativ duce la dificultăți de realizare. Extinderile după vechile prescripții se vor justifica prin proiect.

## 1.2. Definiții

### 1.2.1. Definiții generale :

a) **Aparate electrice**, în sensul prezentului normativ se consideră toate obiectele principale, exclusiv (auto) transformatoarele de putere cu care se echipează instalațiile electrice, de exemplu:

- aparate de conectare ca: întreruptoare, separatoare, separatoare de sarcină, siguranțe etc. (inclusiv dispozitivele lor de acționare) ;

- transformatoare de măsură ;

- bobine de compensare și de reactanță ;

- descărcătoare ;

- bobine de blocare și condensatoare de cuplare pentru instalații de înaltă frecvență.

b) **Materiale electrice**, în sensul prezentului normativ, se consideră toate obiectele care servesc la asamblarea (auto) transformatoarelor de putere și a aparatelor electrice din instalațiile electrice, ca de exemplu :

- conductoare izolate sau neizolate ;

- izolatoare ;

- cleme, armături etc.

c) **Echipamentul electric** reprezintă totalitatea (auto)transformatoarelor aparatelor și materialelor electrice cu care se echipează instalațiile electrice.

d) **Mărimi nominale** (de exemplu : tensiune nominală, curent nominal, putere nominală, frecvență nominală) sînt caracteristici de dimensionare a echipamentului și a instalației.

e) **Domeniul de protecție contra atingerilor accidentale** (în interiorul spațiilor de producție electrică) în sensul prezentului normativ este domeniul delimitat, pe de o parte, de părțile aflate sub tensiune și, pe de altă parte, de spațiul de acces permis în mod normal persoanelor și utilajelor de exploatare și de întreținere.

În figurile din prezentul normativ domeniile de protecție sînt figurate prin suprafețe hașurate.

f) **Separare de lucru** se numește separarea unei instalații electrice sau a unei părți din instalație, de elementele aflate sub tensiune, pe toate părțile, în vederea efectuării unor lucrări sau operații, în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalațiile electrice elaborate de M.E.E. (de exemplu prin separatoare, eclise de separare, contacte debroșabile etc.).

g) **Distanța de izolare în aer** între două părți sub tensiune, neizolate sau între acestea și părți legate la pămînt este distanța cea mai scurtă în aer liber, fără intercalații din alte materiale izolante, normată în funcție de tensiunea pentru care se dimensionează instalația.

h) **Distanța de protecție contra atingerilor accidentale** (în interiorul spațiilor de producție electrică) este distanța determinată de condițiile împiedicării unor atingeri accidentale a părților sub tensiune de către personalul de exploatare sau de către utilajele de exploatare și de întreținere, cu respectarea normelor de protecție a muncii pentru instalații electrice, elaborate de M.E.E. Această distanță determină mărimea domeniului de protecție menționat la punctul e precedent.

### 1.2.2. Categoriile de instalații :

a) **Instalație electrică**, în sensul prezentului normativ, este o instalație cu tensiunile între faze mai mari de 1 kV, care servește la primirea, transformarea, distribuirea energiei electrice și care cuprinde în general aparate de conectare și transformare, conductoare de legătură, diferite instalații auxiliare, precum și construcțiile aferente.

Instalațiile electrice în sensul prezentului normativ cuprind stațiile electrice (stațiile de conexiuni, stațiile de transformare, punctele de alimentare și posturile de transformare), inclusiv instalațiile electrice de la generatoare.

b) **Instalație electrică de exterior** este o instalație electrică sau parte dintr-o instalație electrică în care aparatele, (auto) transformatoarele și materialele electrice sînt dispuse într-un spațiu în exterior și expuse intemperiilor.

c) **Instalație electrică de interior** este o instalație electrică sau parte dintr-o instalație electrică în care aparatele, (auto)

transformatoarele și materialele electrice sînt dispuse într-un spațiu închis și sînt protejate împotriva influenței directe a intemperieiilor.

d) **Instalație electrică de tip deschis** este o instalație electrică în care persoanele sînt protejate numai împotriva atingerilor accidentale a părților sub tensiune, prin îngrădiri de protecție sau prin amplasarea echipamentului la înălțime corespunzătoare, în zone inaccesibile atingerilor accidentale.

e) **Instalație electrică de tip închis** este o instalație electrică în care echipamentul electric este dispus în carcase închise (neetanșe față de aerul atmosferic), astfel încît nici o parte sub tensiune din instalație nu poate fi atinsă.

f) **Instalație electrică capsulată**, în sensul prezentului normativ, este o instalație electrică la care echipamentul este complet închis în carcasă de protecție, etanșă față de aerul atmosferic (în general metalică, legată la pămînt). Izolația electrică a echipamentului în interiorul carcasei se realizează prin diverse fluide, în general la presiuni superioare celei atmosferice. Instalația electrică capsulată poate fi instalată fie în exterior (în aer liber), dacă este construită corespunzător, fie în interior (într-un spațiu închis).

g) **Instalație electrică prefabricată**, în sensul prezentului normativ, este o instalație electrică conținînd aparatele de conectare, instrumente de măsură, dispozitive de protecție și automatizare și care se livrează complet pregătită și încercată electric, pentru a fi montată pe șantier.

h) **Stație electrică** este un ansamblu de instalații electrice și construcții anexe, destinat converției energiei electrice și/ sau conectării a două sau mai multor surse de energie electrică ori a două sau mai multor căi de curent.

i) **Stație de transformare** este o stație electrică care realizează transformarea energiei electrice prin transformatoare de putere.

j) **Stație de conexiuni** este o stație electrică, care primește și distribuie energia electrică la aceeași tensiune și frecvență, tensiunea între faze fiind mai mare de 1 kV.

k) **Post de transformare** este o stație de transformare destinată alimentării în joasă tensiune (pînă la 1 kV inclusiv) a consumatorilor.

l) **Punct de alimentare** este o stație de conexiuni de medie tensiune, destinată alimentării unor posturi de transformare.

m) **Post de transformare pe stîlp** este un post de transformare al cărui echipament, inclusiv transformatorul, este instalat în exterior, pe o construcție specială de stîlpi sau direct pe stîlpii liniilor electrice aeriene.

### 1.2.3. Categoriile de încăperi:

a) **Încăpere sau spațiu de producție** se numește acea încăpere sau acel spațiu în care se efectuează diverse operații sau procese tehnologice, accesibil și persoanelor neinstruite în exploatarea instalațiilor electrice cu tensiuni mai mari de 1 kV.

b) **Încăpere sau spațiu de producție electrică** se numește acea încăpere sau spațiu care servește exclusiv pentru procese tehnologice electrice. Accesul în aceste încăperi sau spații este permis numai persoanelor pregătite în exploatarea instalațiilor electrice respective și care au responsabilitate în acest sens în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalații electrice elaborate de M.E.E.

c) Din punctul de vedere al acțiunii mediului asupra instalațiilor electrice montate în interior, se deosebesc :

— **încăperi umede**, în care umiditatea relativă depășește timp îndelungat 70%, indiferent de temperatură ;

— **încăperi cu acțiune chimică dăunătoare**, în care se produc sau pot pătrunde abur, gaze sau depuneri solide, în mod continuu sau periodic, și care acționează distructiv asupra izolației sau căilor de curent neizolate;

— **încăperi cu praf**, în care se produce sau poate să pătrundă praf care se depune pe conductoare, pe izolație, ori poate să pătrundă în aparate și mașini în cantități care să periclitzeze buna funcționare a instalației ;

— **încăperi cu temperatura ridicată**, în care temperatura se menține timp îndelungat la o valoare mai mare de  $+35^{\circ}\text{C}$  ;

— **încăperi cu pericol de incendiu**, în care se prelucrează, se utilizează sau se depozitează materiale combustibile.

d) **Încăperi cu pericol de explozie** se numesc acele încăperi în care se produc sau pot să pătrundă emanații de gaze, vapori sau praf, care, împreună cu aerul, pot da naștere la amestecuri explozive.

e) **Încăperi cu aglomerări de persoane** sînt acele încăperi în care se pot afla simultan 50 sau mai multe persoane, fiecare dintre ele revenindu-i o suprafață de pardoseală de maximum  $4\text{ m}^2$ .



f) **Coridor de manevră** se numește coridorul de pe care este prevăzut a se face cel puțin o acționare a unui aparat de conectare dintr-o instalație electrică.

g) **Coridor de supraveghere** se numește coridorul care servește exclusiv pentru supravegherea funcționării sau pentru revizia aparatelor montate și de pe care nu se fac acționări de aparate de conectare din instalația electrică.

**NOTĂ :** În prezentul normativ se folosesc următoarele moduri de indicare a gradului de obligativitate a prevederilor :

— „trebuie“, „este necesar“, „urmează“ indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză;

— „de regulă“ indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor ; nerespectarea unei astfel de prevederi trebuie justificată întotdeauna în proiect ;

— „se recomandă“, „pe cât posibil“ indică o rezolvare preferabilă, care trebuie să fie luată în considerare la alegerea soluției, dar care nu este obligatorie ;

— „se admite“ indică o soluționare satisfăcătoare, care poate fi aplicată în situații particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect.

## 2. AMPLASAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

### 2.1. Condiții generale

**2.1.1.** Alegerea locurilor de amplasare a instalațiilor electrice trebuie făcută luând în considerare toți factorii care condiționează din punct de vedere tehnic, economic și social diferitele variante posibile, cu respectarea simultană a regulilor de protecție a muncii și de prevenire și stingerea incendiilor.

**2.1.2.** Amplasarea instalațiilor electrice aparținând sistemului energetic (noduri de rețea) se va face pe cât posibil pe considerentul realizării unor conexiuni cât mai bune cu siste-

mul energetic. Amplasarea instalațiilor electrice pentru alimentarea unor consumatori se va face, de regulă, pe considerentul apropierii de centrul de greutate al consumatorilor alimentați.

**2.1.3.** Instalațiile electrice prevăzute cu personal permanent de exploatare se vor amplasa, pe cât posibil, în apropierea zonelor locuite.

**2.1.4.** Alegerea amplasamentelor se va face astfel, încît să se evite pe cât posibil folosirea terenurilor agricole și forestiere.

**2.1.5.** La alegerea amplasamentelor se vor evita pe cât posibil terenurile la care se pot produce alunecări de teren, avalanșe sau rostogoliri de pietre de pe versanții alăturați, pe baza studiilor de teren corespunzătoare. În cazul existenței unui pericol în acest sens, se vor lua măsurile de apărare necesare.

**2.1.6.** Instalațiile electrice trebuie să fie apărate față de efectele dăunătoare ale apelor, în conformitate cu legislația în vigoare, și anume :

- împotriva inundațiilor provenite din revărsarea râurilor prin : alegerea unor amplasamente corespunzătoare, ridicarea platformelor, executarea unor lucrări de apărare etc. ;

- împotriva inundațiilor provocate de apele pluviale din bazinul local, prin evacuarea organizată a apei de pe teritoriu și prin lucrări antierozionale ;

- împotriva inundațiilor datorate ridicării nivelului apelor subterane, prin sisteme de drenaj.

Stabilirea măsurilor de apărare necesare se va face în conformitate cu indicațiile cuprinse în standardele în vigoare, încadrarea instalațiilor electrice făcîndu-se pe baza următoarelor două criterii și luîndu-se în considerare criteriul care conduce la condițiile cele mai exigente :

- **Criteriul A :** importanța instalațiilor electrice respective în cadrul sistemului energetic. Pentru stațiile electrice se va ține seama în acest scop de indicațiile din art. 2.1.7.

- **Criteriul B :** importanța obiectivelor economice și sociale alimentate direct (dacă este cazul). Cînd alimentarea acestor obiective se face prin două sau mai multe instalații electrice distincte, cu rezervare reciprocă, se admite reducerea încadrării acestora cu maximum două trepte, dacă condiția de siguranță impusă de criteriul B este realizată de ansamblul instalațiilor electrice de alimentare. În locul acestei reduceri,

În cazul alimentării unei localități prin două sau mai multe instalații electrice distincte, cu sau fără rezervoare, se admite ca încadrarea să se facă pe baza numărului de locuitori care revine fiecăreia dintre ele.

La stabilirea importanței instalațiilor electrice și a obiectivelor alimentate direct, se va ține seama de posibilitățile de dezvoltare în viitor, în sensul prevederilor din art. 2.1.10.

Soluția de apărare a instalațiilor electrice poate fi comună și altor obiective economice și sociale, dacă aceasta prezintă avantaje tehnico-economice.

La determinarea măsurilor de apărare necesare, se va ține seamă de amenajările hidrotehnice complexe de pe cursurile de apă din zonă. În acest scop, se vor lua în considerare datele existente la Consiliul Național al Apelor și la organele județene, cu privire la dezvoltarea teritoriului.

Măsurile de apărare a instalațiilor electrice vor ține seama de necesitățile de curgere normală a apelor mari în zonele cursurilor de apă influențate.

Instalațiile electrice trebuie să fie verificate în două situații, în ceea ce privește inundarea zonei amplasamentului provenită din revărsarea râurilor :

a) Situația normală, în care nu se produc înrăutățiri ale condițiilor normale de funcționare și de exploatare a instalațiilor.

b) Situația excepțională, în care se admit dificultăți temporare de exploatare (de exemplu, inundarea platformei), scoaterea din funcțiune a unor instalații auxiliare și reducerea temporară a unor coeficienți de siguranță, instalațiile principale rămânând însă în funcțiune. În acest sens, se admite din punct de vedere tehnologic ca teritoriul instalațiilor electrice să fie acoperit de apă parțial sau total, cu îndeplinirea următoarelor condiții :

— planșeul inferior al clădirilor tehnologice (pardoseala parterului) să rămână deasupra nivelului de calcul al apelor, sub acest planșeu putându-se găsi numai cabluri ;

— distanța dintre părțile neizolate, aflate sub tensiune, ale instalațiilor exterioare și nivelul de calcul al apelor să fie cel puțin egală cu distanța minimă de izolare  $A_0$  față de elementele legate la pământ, indicată în cap. 4 pentru tensiunea nominală respectivă ;

— nivelul de calcul al apelor să nu atingă izolatoarele, nici acele părți ale instalațiilor principale care pot determina scoaterea din funcțiune a acestora ;

— să poată fi făcută manevrarea întreruptoarelor și, pe cât posibil, și a separatoarelor de comutare.

În cazul platformelor inundabile se vor prevedea măsurile necesare pentru ca, după retragerea apelor, să fie posibilă evacuarea cantităților de apă rămase în diverse cavități (subsoluri, canale de cabluri etc.).

De asemenea, în cazul instalațiilor cu personal permanent sau semipermanent, se vor prevedea măsurile necesare pentru menținerea unui mijloc de telecomunicații cu personalul, în caz de inundație.

**2.1.7. Încadrarea stațiilor electrice după importanța lor în cadrul sistemului energetic (criteriul A din art. 2.1.6.), în vederea stabilirii măsurilor de apărare necesare împotriva efectelor dăunătoare ale apelor, se va face astfel :**

— în privința viiturilor de-a lungul cursurilor de apă, conform indicațiilor din tabelul 1, în funcție de tensiunea nominală ;

Tabelul 1

**◆ Încadrarea stațiilor electrice în vederea stabilirii măsurilor de apărare necesare împotriva efectelor dăunătoare ale apelor provenite din viitură de-a lungul cursurilor de apă**

Tensiunea nominală a stației electrice, kV	Probabilitatea de depășire a debitelor maxime anuale (%) respectiv frecvența (1/ani)			
	Situatii normale de exploatare		Situatii excepționale de exploatare	
	%	1/ani	%	1/ani
400 *	0,5	1/200	0,05	1/2000
400, 220	1	1/100	0,2	1/500
110	2	1/50	0,5	1/200
20 ... 60	5	1/20	1	1/100
<20	10	1/10	3	1/33

\* Numai în stațiile de 400 kV cu mai mult de 4 circuite (linii, generatoare, transformatoare).

Tabelul 2

◆ **Încadrarea stațiilor electrice în vederea stabilirii măsurilor de apărare necesare împotriva efectelor dăunătoare ale apelor provenite din ploi locale excepționale**

Tensiunea nominală a stației electrice, kV	Frecvența medie anuală de depășire a duratei sau intensității unei ploi locale excepționale, 1/ani
400 *	1/5
400, 220	1/3
110	1/2
20 ... 60	1/1
<20	1/0,5

\* Numai în stațiile de 400 kV cu mai mult de 4 circuite (linii, generatoare, transformatoare).

— în privința inundațiilor provocate de ploi locale excepționale, conform indicațiilor din tabelul 2, în funcție de tensiunea nominală;

— în privința ridicării nivelului apelor subterane, prin considerarea în toate cazurile a unui nivel maxim anual a căruia frecvență de depășire să fie o dată la 10 ani.

Pentru stațiile electrice cu mai multe tensiuni nominale (stații de transformare), se ia în considerare încadrarea corespunzătoare tensiunii celei mai ridicate. Se admite să se prevadă măsuri de apărare distincte pentru fiecare stație de o anumită tensiune nominală, conform încadrării respective, dacă această soluție este mai avantajoasă din punct de vedere tehnico-economic.

În cazul stațiilor aferente centralelor electrice și amplasate pe aceeași platformă cu acestea, se ia în considerare încadrarea cea mai exigentă dintre încadrările determinate separat pentru stație și pentru centrală.

**2.1.8.** La amplasarea instalațiilor electrice se recomandă a se urmări, în vederea reducerii costului, folosirea unor amenajări existente sau în curs de construire, pentru utilități publice sau pentru alte obiective economice, ca : drumuri și căi ferate, alimentări cu apă, combustibil și căldură, canalizări pentru evacuarea apelor meteorice și menajere, telecomunicații etc.



**2.1.9.** În vederea sistematizării ieșirii liniilor racordate la o instalație (evitarea traversărilor etc.), se pot folosi porțiuni de linii în cabluri pentru tensiunile de 6-20 kV. În cazuri speciale, justificate tehnico-economic, se admite folosirea ieșirilor în cablu și pentru tensiuni mai mari.

**2.1.10.** La amplasarea instalațiilor electrice, se va ține seama de posibilitatea de extindere a acestora. De regulă, intervalul de timp pentru care se va asigura această posibilitate va fi de circa 10—15 ani.

**2.1.11.** Distanțele minime de amplasare a instalațiilor electrice în raport cu alte construcții, din punctul de vedere al pericolului de incendiu sînt cele din tabelul 3.

Măsurarea lor se va face la instalațiile electrice de exterior de la cel mai apropiat echipament electric, iar la instalațiile electrice de interior de la pereții încăperii în care există instalații electrice cu tensiunea peste 1 kV.

Tabelul 3

**Distanțele minime de amplasare a instalațiilor electrice  
în raport cu alte construcții**

Poz.	Tipul instalației electrice	Gradul de rezistență la foc al construcției vecine	Distanța minimă în funcție de categoria de pericol de incendiu a construcției vecine, m		
			A, B	C	D, E
1	Instalații electrice de tip interior	I, II	20	12	10
	Instalații electrice de tip exterior cu tensiunea nominală mai mică de 110 kV	III	—	14	12
	Posturi de transformare de tip interior și exterior	IV, V	—	16	14
2	Instalații electrice de tip exterior cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare	I, II	25	16	14
		III	—	20	16
		IV, V	—	25	20

**NOTĂ:**

1. Amplasarea instalațiilor electrice față de clădiri civile se face la distanțele corespunzătoare categoriilor D, E.

2. Depozitele deschise de materiale se asimilează, ca grad de rezistență la foc și categorile de pericol de incendiu, cu construcțiile în funcție de natura materialului depozitat.

Excepțiile sînt indicate în art. 2.1.12. (a se vedea și art. 2.1.13.).

**2.1.12.** Se prevăd următoarele excepții de la art. 2.1.11. (a se vedea și art. 2.1.13.):

a) Instalațiile electrice de exterior pot fi amplasate față de construcțiile industriale de gradul I, II sau III de rezistență la foc și de categoria de pericol de incendiu C, D sau E, la dis-

Tabelul 4

**Amplasarea instalațiilor electrice de tip interior, cu alimentări și distribuții subterane, față de construcțiile industriale și civile, în condiții speciale**

Nr. crt.	Caracteristicile construcției vecine			Condiții pentru instalația electrică	Modul de amplasare admis
	Destinația	Categoria de pericol de incendiu	Gradul de rezistență la foc *		
1	Construcții industriale	A, B	I, II	Să deservască numai instalațiile din clădirea respectivă	La distanță nenormată sau alipită pe o singură latură **
		C, D, E	I, II III	— Să deservască numai instalațiile din clădirea respectivă	La distanță nenormată, alipită sau înglobată
2	Clădiri civile	—	I, II, III	—	La distanță nenormată sau alipită pe o singură latură; punctele de alimentare și posturile trafo pot fi alipite pe mai multe laturi sau înglobate ***

\* Nu se admite amplasarea instalațiilor electrice la distanțe nenormate sau alipite față de construcțiile industriale și civile de gradul IV și V de rezistență la foc sau înglobate în astfel de construcții.

\*\* În cazul alipirii de construcții conținând vapori sau gaze inflamabile, pereții despărțitori trebuie să fie etanși; în caz contrar, în încăperile adiacente ale instalațiilor electrice, trebuie să se asigure o suprapresiune permanentă.

\*\*\* Se admite înglobarea în aceeași clădire a maximum două posturi de transformare, avînd fiecare cel mult două transformatoare cu o putere maximă unitară de 1000 kVA.

tanțe stabilite numai din considerente tehnologice, deci fără respectarea valorilor minime din tabelul 3, cu condiția ca instalațiile electrice să deservească direct construcțiile respective.

În aceste cazuri se vor respecta prevederile din art. 4.3.8, privind executarea în condiții de securitate a unor lucrări la părțile exterioare ale construcțiilor industriale vecine. Dacă în instalația electrică există echipamente cu peste 60 kg ulei pe cuvă se vor respecta și prevederile din art. 6.3.2. și 6.6.2.

b) Instalațiile electrice de interior, cu alimentări și distribuții subterane, pot fi amplasate față de construcțiile industriale și civile la distanțe mai mici decât cele din tabelul 3 sau alipite ori înglobate în aceste construcții, în cazurile și în condițiile prevăzute în tabelul 4 și în art. 5.1.5. și 6.3.3., pct. f.

◆ c) Instalațiile electrice de exterior sau de interior pot fi amplasate la orice distanță față de construcțiile industriale sau civile, fără să fie necesară îndeplinirea altor condiții, dacă se prevede o separare cu pereți antifoc între instalațiile electrice și construcțiile vecine. În acest scop, pereții antifoc pot fi prevăzuți fie la instalațiile electrice, fie la construcțiile vecine.

Realizarea pereților antifoc trebuie să se facă conform indicațiilor cuprinse în normativul republican de protecție contra incendiilor.

d) Distanțele între instalațiile electrice subterane cu alimentări și distribuții subterane și construcțiile industriale sau civile se stabilesc numai din considerente tehnologice.

e) În mediul rural sau cu regim de construcție similar în mediul urban, posturile de transformare se pot amplasa față de clădiri la distanțele minime indicate în tabelul 5.

Tabelul 5

**Distanțele minime de amplasare a posturilor de transformare față de clădiri în mediul rural sau cu regim de construcție similar în mediul urban**

Natura clădirilor vecine	Distanțe în funcție de gradul de rezistență la foc al clădirilor vecine, m	
	I, II, III	IV, V
Clădiri de producție agrozootehnice și clădiri social-administrative	10	15
Clădiri de locuit și anexele lor	4	6

**2.1.13.** Amplasarea instalațiilor electrice supraterane în apropierea spitalelor, creșelor, grădinițelor de copii, școlilor și a clădirilor cuprinzând încăperi cu aglomerări de persoane, se va face totdeauna la distanțe cel puțin egale cu cele indicate în tabelul 3.

Instalațiile electrice subterane, înglobate în clădiri civile sau industriale conform art. 2.1.12, pct. d, precum și posturile de transformare înglobate în clădiri civile conform tabelului 4, poz. 2, nu se vor amplasa sub sau deasupra încăperilor cu aglomerări de persoane, a sălilor de operație și a saloanelor pentru bolnavi din spitale, a încăperilor destinate persoanelor care nu se pot evacua singure, a sălilor de învățămînt, a încăperilor conținînd obiecte sau aparataj de mare valoare, a căilor de evacuare. În cazul înglobării instalațiilor electrice în astfel de clădiri, se vor respecta prevederile normelor P.S.I. privitoare la separarea părțiunilor de clădire.

## **2.2. Amplasarea instalațiilor de exterior**

**2.2.1.** Se vor respecta condițiile generale de amplasare din subcap. 2.1.

**2.2.2.** La amplasarea instalațiilor electrice este necesar să fie respectate măsurile prevăzute în prescripțiile de proiectare a instalațiilor electrice din zone poluate (PE 109).

**2.2.3.** În cazul amplasării instalațiilor electrice în centre populate, dacă se folosesc întreruptoare cu aer comprimat, poate fi necesar să se ia anumite măsuri în vederea respectării nivelului de zgomot indicat de standardele și prescripțiile în vigoare.

**2.2.4.** Amplasarea instalațiilor electrice din exterior față de copaci mai înalți de 4 m se va face, de regulă, la distanțe cel puțin egale cu înălțimea aproximativă, pe care o pot atinge copacii, în scopul evitării căderii acestora peste instalațiile electrice.

**2.2.5.** În cazul instalațiilor electrice de exterior amplasate în păduri, vor fi respectate directivele privind defrișările de păduri, valabile pentru liniile electrice aeriene.

### 2.3. Amplasarea instalațiilor de interior

**2.3.1.** Se vor respecta condițiile generale de amplasare din subcap. 2.1.

**2.3.2.** Nu este permisă, de regulă, amplasarea instalațiilor electrice în încăperi umede, cu acțiune chimică dăunătoare, cu praf, cu temperatură ridicată și cu pericol de incendiu sau de explozie.

Dacă amplasarea instalațiilor electrice în condițiile de mediu de mai sus este necesară din punctul de vedere al procesului de producție, amenajarea acestor instalații și alegerea echipamentului se vor face cu respectarea normativelor speciale pentru funcționarea instalațiilor electrice în asemenea medii.

**2.3.3.** Amplasarea instalațiilor electrice în spații de producție deservite de macarale, poduri rulante, monorailuri sau alte mecanisme de transport și de ridicare se va face în afara zonelor de lucru ale acestor mecanisme.

**2.3.4.** În spațiile de producție (definite în art. 1.2.3. pct. a) pot fi amplasate numai instalații electrice de tip închis, respectându-se indicațiile din art. 5.1.3. și 6.3.3. pct. f.

## 3. SCHEME DE CONEXIUNI ȘI ALEGEREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC

**3.1.** Schema de conexiuni a unei instalații electrice trebuie să fie simplă și clară și să permită efectuarea rapidă și lipsită de pericol a manevrelor.

**3.2.** Se admite ca părți ale instalației, care sînt în mod normal separate, să fie conectate pentru scurte intervale de timp (de exemplu, în cursul executării unor manevre), chiar dacă în aceste intervale de timp puterea de scurtcircuit depășește valoarea nominală pentru care este dimensionată insta-

lația. În astfel de situații trebuie să se prevadă măsuri în vederea evitării eventualelor accidente de persoane în cazul unui scurtcircuit.

**3.3.** Întreruptoarele vor fi prevăzute de regulă pe acele circuite pentru care nu se pot asigura cu alte aparate mai ieftine (separatoare de sarcină, siguranțe de înaltă tensiune, dispozitive de scurtcircuitare automată etc.) condițiile de deconectare a curenților de scurtcircuit, selectivitatea protecției și operațiile de automatizare necesare.

**3.4.** Schema electrică a instalației și echipamentului prevăzut trebuie să permită realizarea instalațiilor pentru măsură și protecție, precum și a altor instalații necesare (de exemplu, automatizare, telemecanică etc.).

**3.5.** Schema de conexiuni trebuie să permită separarea de lucru a întregii instalații, cât și a unor părți ale instalației (fig. 1 și 2) dacă acest lucru este necesar pentru executarea lucrărilor fără întreruperea funcționării întregii instalații.

Se admite să nu se prevadă o separare de lucru specială pentru următoarele elemente din schemă :

— transformatoarele de tensiune și descărcătoarele de pe linia a căror separare de lucru se poate face odată cu linia ;

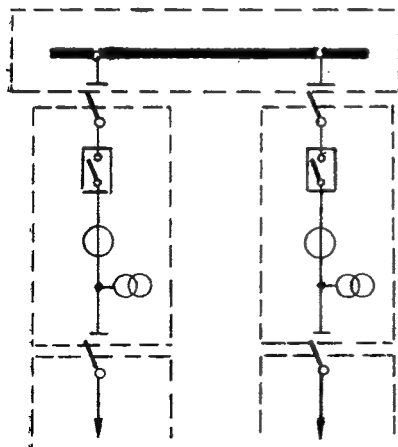


Fig. 1

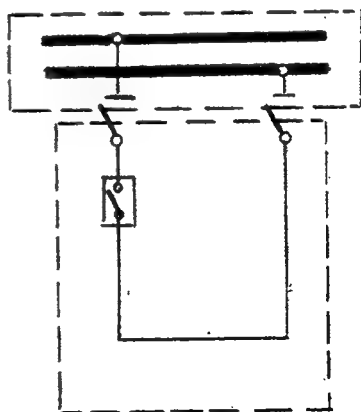


Fig. 2

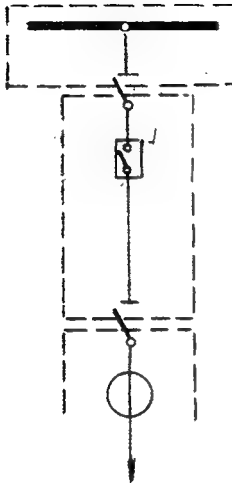


Fig. 3

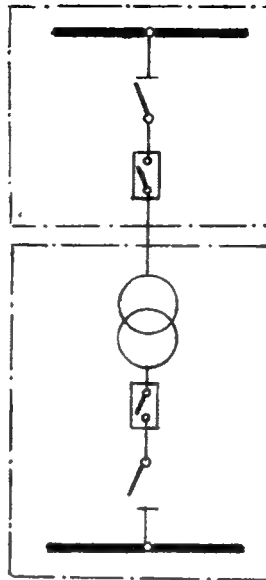


Fig. 4

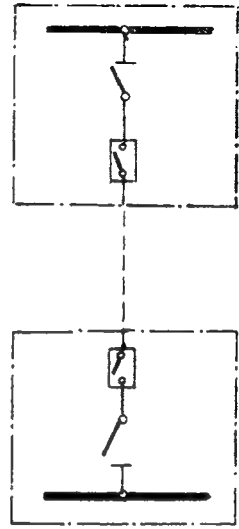


Fig. 5

— descărcătoarele montate la bornele transformatoarelor și ale autotransformatoarelor și la punctele neutre ale acestora, a căror separare de lucru se poate face odată cu transformatoarele și autotransformatoarele respective ;

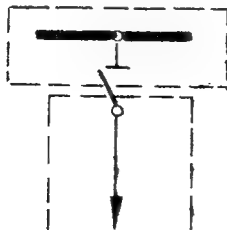


Fig. 6

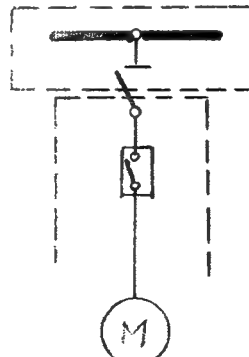


Fig. 7

— bobinele și condensatoarele pentru instalația de înaltă frecvență pentru telecomunicații, a căror separare de lucru se poate face odată cu linia.

În unele cazuri, condiționate de considerente constructive și de schemă, se admite montarea transformatoarelor de curent dincolo de separatorul de linie (fig. 3), astfel încât separarea de lucru a acestuia să se facă odată cu linia.

Dacă punctele de separare aparțin unor organizații de exploatare diferite (fig. 4) sau, dacă ele nu se găsesc în aceeași instalație, ci se află la distanță (fig. 5), condiția de separare de lucru se consideră îndeplinită numai dacă poate fi asigurată o responsabilitate unică pe timpul separării de lucru, la toate punctele de separație.

**3.6. De regulă separarea de lucru trebuie să fie făcută pe toate părțile.**

O separare de lucru numai pe o singură parte (spre alimentare) este admisă în cazurile în care nu poate să apară tensiune inversă pe partea din instalație care nu a fost separată. Acesta este cazul, de exemplu, al liniilor radiale (fig. 6), al circuitelor de motoare electrice (fig. 7), al generatoarelor care lucrează fără a fi conectate la o rețea publică. În asemenea cazuri, se vor lua măsuri corespunzătoare pentru prevenirea apariției unor tensiuni inverse prin intermediul transformatoarelor de putere, transformatoarelor de măsură, barelor de sincronizare etc.

**3.7. Ca elemente de separare urmează a fi folosite numai aparatele sau dispozitivele cu întreruperea vizibilă a circuitului, cu spațiul de întrerupere dimensionat în conformitate cu standardul în vigoare pentru coordonarea izolației și îndeplinind condițiile de rigiditate dielectrică prevăzute în acest standard pentru intervalele de separare ale separatoarelor.**

Se admit separări de lucru fără întreruperea vizibilă a circuitului, dar cu semnalizări de poziție sigure, numai la instalațiile capsulate și la instalațiile interioare de tip închis.

**3.8. Orice parte a unei instalații trebuie să poată fi scurtcircuitată și legată la pământ. În acest scop se pot folosi fie instalații fixe, ca separatoare (contacte) de legare la pământ, fie scurtcircuitoare mobile.**



Se vor prevedea instalații fixe de legare la pământ în următoarele situații :

— pentru legarea la pământ a liniilor la toate tensiunile (pentru celulele de linie cu tensiuni până la 20 kV inclusiv, se admite și legarea la pământ numai cu dispozitive mobile);

— pentru legarea la pământ a barelor colectoare și de transfer la instalații de 110 kV și mai mult;

— de regulă și pentru legarea la pământ a porțiunilor de circuit dintre separatoarele de bare și cel de linie la celulele stațiilor de 220 kV și mai mult.

**3.9.** Echipamentul instalațiilor electrice va corespunde, de regulă, cel puțin condițiilor de mediu indicate în tabelul 6.

Tabelul 6

**Condiții climatice în România pentru alegerea echipamentului**

Denumirea	Valori	
	Instalații interioare	Instalații exterioare
Temperatura maximă a aerului (valoare momentană), °C	+40	+40
Temperatura minimă a aerului (valoare momentană), °C	—5	—30
Umiditatea relativă maximă a aerului (indiferent de temperatură), %	70	100

**NOTĂ:**

1) Valorile de mai sus sînt valabile pînă la altitudinea de 1 000 m.

2) Valorile indicate pentru instalațiile interioare vor fi asigurate prin climatizarea încăperilor, dacă este necesar.

Pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile din instalațiile exterioare vor fi respectate condițiile indicate în tabelul 7 și anexa I.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m deasupra nivelului mării, se procedează astfel :

— se majorează tensiunile de încercare pentru părțile izolante în aer cu 1,25% pentru fiecare 100 m creștere de altitudine, între 1 000 și 3 000 m sau se aleg aparate cu o tensiune nominală corespunzător mai mare ;

Tabelul 7

**Condiții climatice în România pentru calculul mecanic  
al conductoarelor flexibile din instalațiile exterioare**

Condiții de calcul		Unitatea de măsură	Zona climatică (conform hărții din anexa I)			Zone de munte cu altitu- dine peste 1000 m
			I a	I b	II	
Temperatura aerului	Minima	°C	-30	-30	-30	-30
	Cînd conductoarele sînt acoperite cu chiciură	°C	-5	-5	-5	-5
	Cînd vîntul are viteza maximă	°C	-5	-5	-5	-5
Viteza vîntului la înălțimi pînă la 30 m deasupra solului	Maxima ( $V_{max.}$ )	m/s	35	30	27	40
	Cînd conductoarele sînt acoperite cu chiciură ( $V_c$ )	m/s	20	15	13	20
Grosimea stratului de chiciură (cu den- sitatea de 0,75 kg/dm <sup>3</sup> )		mm	23	17	13	25

**NOTĂ:**

1) În cazul conductoarelor fasciculare, presiunea vîntului care rezultă din valorile de mai sus se va considera 100% pentru primul conductor și 50% pentru fiecare din celelalte conductoare ale fasciculului care se găsesc în același plan orizontal.

2) Greutatea depunerilor de chiciură pe conductoarele verticale se va considera egală cu 50% din cea determinată pentru conductoarele situate pe orizontală.

— pentru temperatura aerului, viteza vîntului și grosimea stratului de chiciură, se procedează conform indicațiilor din art. 6.7.2.c.;

— celelalte caracteristici ale echipamentului trebuie să corespundă condițiilor de presiune și de temperatură a aerului, în caz de necesitate urmînd a se cere avizul întreprinderii furnizoare.

Pentru instalațiile de tip interior, asigurarea condițiilor de mediu indicate în tabelul 6 se poate face prin climatizarea încăperilor dacă este necesar.

În legătură cu gradul de poluare a atmosferei se vor respecta prevederile din normativul PE 109.

**3.10. Tensiunea nominală a echipamentului electric va corespunde, de regulă, celei maxime de serviciu a rețelei.**

Nivelul de izolație al echipamentului și dispozitivele de protecție corespunzătoare trebuie să fie astfel alese, încât instalațiile electrice să fie apărate împotriva efectelor distructive ale supratensiunilor atmosferice și ale celor interne. În acest scop se vor respecta prevederile din normativul PE 109.

Se admite utilizarea unui echipament cu tensiunea nominală mai mare decât cea a rețelei, în cazuri bine justificate, ca de exemplu :

- în vederea trecerii ulterioare a rețelei la o tensiune superioară ;

- când nu se poate procura echipament cu tensiunea corespunzătoare ;

- la altitudini mai mari de 1 000 m, conform art. 3.9.

Se admite utilizarea unui echipament cu tensiunea nominală mai mică decât cea a rețelei în cazuri speciale, de exemplu transformatoarele de curent și izolatoarele de pe legătura la pământ, directă și permanentă, a unor puncte neutre ale rețelei. Nivelul de izolație al acestui echipament trebuie să corespundă supratensiunilor normate care pot apare în locul de instalare.

În toate cazurile de mai sus, caracteristicile echipamentului la tensiunea de utilizare trebuie să fie corespunzătoare.

**3.11.** Nivelul de izolație al echipamentului instalațiilor electrice trebuie să fie verificat prin încercări, fie în laborator, fie la locul de montare, în conformitate cu standardele în vigoare.

În cazul instalațiilor formate din elemente asamblate la fața locului, la care distanțele de izolare în aer ale ansamblului nu pot fi verificate prin încercări asupra nivelului de izolație, se consideră că nivelul de izolație este respectat din punctul de vedere al acestor distanțe, dacă ele sînt cel puțin egale cu valorile minime indicate în subcap. 4.2. și 5.2.

**3.12.** Verificarea echipamentului electric în condițiile curentilor de scurtcircuit trebuie să se facă conform indicațiilor din instrucțiunea PE 103.

**3.13.** Echipamentul instalațiilor electrice trebuie să corespundă condițiilor de la locul de instalare, în ceea ce privește caracteristicile specifice fiecărui tip de echipament, conform instrucțiunilor de proiectare departamentale corespunzătoare.

**3.14.** Întreruptoarele și separatoarele de sarcină a căror capacitate de rupere și de închidere nominală este mai mică decât puterea de scurtcircuit de la locul de instalare pot fi folosite dacă se iau măsuri ca ele să nu fie puse în situația de a întrerupe în mod automat curenții de scurtcircuit depășind capacitatea lor de rupere nominală, precum și măsuri de protecție a personalului de exploatare pentru cazul închiderii pe un scurtcircuit, de exemplu comandă la distanță, ecrane de protecție, testarea circuitului care urmează a fi pus sub tensiune.

**3.15.** În instalațiile electrice cu tensiunea nominală până la 20 kV inclusiv, în cazul racordării la barele colectoare a unor transformatoare de tensiune, se recomandă să se ia măsuri de protecție a barelor colectoare împotriva influenței defectelor produse la transformatoarele de tensiune racordate. Protecția barelor colectoare se poate realiza în acest caz, de exemplu, prin siguranțe fuzibile.

## **4. INSTALAȚII ELECTRICE DE EXTERIOR**

### **4.1. Condiții generale**

**4.1.1.** Teritoriul (incinta) instalațiilor electrice de exterior este considerat spațiu de producție electrică. El trebuie să fie delimitat printr-o îngrădire de incintă, înaltă de 2 m, confecționată din materiale incombustibile și prevăzută cu indicatoare de securitate în număr corespunzător.

Transformatoarele, aparatele sau căile de curent instalate în aer liber, amplasate izolat, trebuie, de asemenea, să fie îngrădite în același mod.

La instalațiile fără personal permanent de exploatare, situate în zone nelocuite, gardul trebuie să fie suprainălțat cu trei rînduri de sîrmă ghimpată.

Teritoriul aferent nu se consideră spațiu de producție electrică și nu se prevăd îngrădiri de incintă în următoarele cazuri :

- la posturile de transformare pe stâlpi ;
- la aparatele și la căile de curent instalate în aer liber, a căror înălțime față de sol corespunde prescripțiilor pentru proiectarea și construirea liniilor electrice aeriene cu tensiuni peste 1 kV ;
- la instalațiile de tip închis montate în incintele întreprinderilor industriale, dacă nu există posibilitatea efectuării unor manevre de către persoanele necalificate care circulă în apropiere (datorită unor comutatoare de comandă, manete, butoane etc. liber accesibile).

**4.1.2.** În cazul existenței în incinta instalațiilor electrice de exterior a unor construcții anexe (ateliere, turnuri de decuvare, gospodării de ulei etc.), unde își desfășoară în mod permanent activitatea persoane neinstruite în exploatarea instalațiilor electrice cu tensiuni peste 1 kV sau persoane care nu fac parte din personalul de exploatare al acestor instalații, spațiile de producție electrică de exterior trebuie separate suplimentar față de aceste construcții anexe, printr-o îngrădire de protecție incombustibilă, înaltă de cel puțin 1,5 m și prevăzută cu indicatoare de securitate în număr corespunzător.

Separarea nu este obligatorie pe laturile clădirilor anexe, constituite din pereți plini (fără uși și fără ferestre care se pot deschide).

**4.1.3.** Delimitarea spațiilor de producție electrică aparținând unor organizații de exploatare diferite poate fi făcută prin îngrădiri de tipul cel mai simplu, de exemplu prin corioane de PVC.

**4.1.4.** Dispozițiile constructive ale instalațiilor electrice exterioare trebuie să fie astfel alese, încât:

- să permită efectuarea lucrărilor de deservire a instalațiilor ;
- să se evite pe cât posibil producerea și extinderea incidentelor ;
- în caz de necesitate, să se poată face scoaterea parțială de sub tensiune a instalației, în vederea executării unor lucrări, cu respectarea măsurilor prevăzute în normele de protecție a muncii pentru instalațiile electrice.

**4.1.5.** Se vor prevedea lanțuri duble de izolatoare pentru suspendarea conductoarelor flexibile în următoarele cazuri :

— lanțuri de izolatoare tip capă și tijă, susținând conductoare ce supratraversează bare colectoare ;

— lanțuri de izolatoare tip tijă, susținând conductoare ce supratraversează bare colectoare sau echipamente electrice aparținând altor circuite.

**4.1.6.** În proiect se vor indica locurile unde se prevede a fi racordate scurtcircuitoarele mobile și care vor avea suprafețe de contact corespunzătoare.

**4.1.7.** Toate părțile metalice de susținere ale unei instalații electrice trebuie să fie protejate împotriva coroziunii. Această prevedere se aplică și pentru părțile ce se găsesc sub nivelul solului.

**4.1.8.** În cazul aparatelor care necesită îngrădiri de protecție, este necesar să se ia măsuri pentru evitarea pericolului pe care îl poate prezenta dezvoltarea unei vegetații înalte în interiorul îngrădirii și a problemei curățirii ei. În acest scop, se recomandă acoperirea spațiului corespunzător cu balast.

## **4.2. Distanțe de izolare în aer**

**4.2.1.** Pentru instalațiile sau părțile de instalație asamblate în locul de exploatare, la care izolația în aer între elementele componente aflate sub tensiune, precum și între acestea și elementele legate la pământ, nu poate fi verificată prin încercări asupra nivelului de izolație (conform art. 3. 11.), asigurarea nivelului de izolație trebuie să se facă prin respectarea prevederilor din articolele următoare.

**4.2.2.** Distanțele minime de izolare în aer între părțile conductoare aflate sub tensiune și aparținând unor faze diferite (notate cu A), precum și între acestea și elementele legate la pământ (notate cu  $A_0$ ) sînt indicate în figurile 8 și 9 și în tabelul 8.

**4.2.3.** În cazul conductoarelor flexibile, la stabilirea distanțelor de izolare în aer trebuie să se țină seama de deplasările posibile datorate variațiilor de temperatură, sarcinilor suplimentare (chiciură și vînt) și efectelor electrodinamice la scurt-circuit.

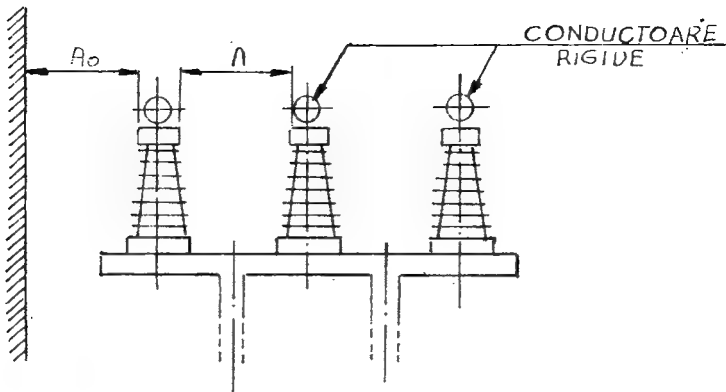
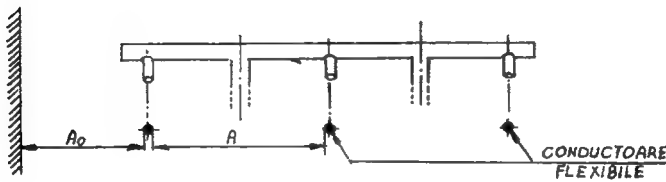
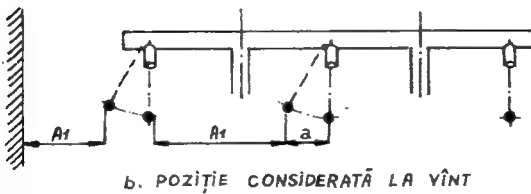


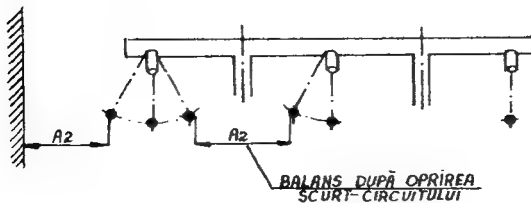
Fig. 8



a. POZIȚIE DE ECHILIBRU



b. POZIȚIE CONSIDERATĂ LA VÂNT



c. POZIȚIE CONSIDERATĂ LA SCURT-CÎRCUIT

Fig. 9

Tabelul 8

## Instalații electrice de exterior, distanțe minime de izolare în aer și de protecție

Numărul articolului	Numărul figurii	Simbolul și relația de calcul kV, mm	Distanțe minime (mm) la diverse tensiuni nominale (kV)						
			≤10 kV	20 (15) kV	(35) kV	(60) kV	110 kV	220 kV	400 kV
4.2.2.; 4.2.3.; 4.2.9.; 4.2.10.; 4.3.7.; 4.3.8. 4.2.2.; 4.2.3.; 4.2.7.; 4.2.8.; 4.2.9.; 4.2.10.; 4.3.12. 4.2.4.	8, 9	$A_0$	200	300	400	650	900	1800	3100
	8, 9	$A=1,1 A_0$	220	330	440	700	1000	2000	3400
	9	$A_1=U_n/0,15$ ( $A_1 \geq 200$ )	200	200	250	400	750	1500	2700
	9	$A_2=A_0/2$ ( $A_2 \geq 200$ )	200	200	200	330	450	900	1550
4.3.4.	10	$B_1=A_0+30$ $B_2=A_0+100$ $B_3=A_0+750$	230 300 950	330 400 1050	430 500 1150	680 750 1400	930 1000 1650	1830 1900 2550	3130 3200 3850
	11, 12, 13	$C=A_0+2500$	2700	2800	2900	3150	3400	4300	5600
4.3.5.; 4.3.8. 4.3.7.; 4.3.8. 4.3.5.; 4.3.7.; 4.3.8.; 4.3.9. ◆ 4.3.9.	12, 13	$D=A_0+1250$	1450	1550	1650	1900	2150	3050	4350
	11, 12, 13	$E=A_0+600$	800	900	1000	1250	1500	2400	3700
	14	$F=A_0$ ( $F \geq 500$ )	500	500	500	650	900	1800	3100
	15	$G=A_0+1500$	1700	1800	1900	2150	2400	3300	4000
4.3.10.									

## NOTĂ:

- 1) Tensiunile din paranteză nu sînt standardizate.
- 2) Pentru tensiuni nominale egale sau mai mari decît 60 kV, distanțele se referă la instalații din rețele cu neutrul legat efectiv la pămînt.



Conductoarele se pot apropia între ele, față de alte piese aflate sub tensiune și față de elementele legate la pământ la distanțe mai mici decât cele determinate conform art. 4.2.2., pentru scurte intervale de timp, adică în timpul balansului datorat vântului și în timpul scurtcircuitelor. Distanțele minime corespunzătoare, permise în aceste cazuri, sînt indicate în art. 4.2.4. și 4.2.5.

În poziție nedeplasată a conductoarelor trebuie să fie respectate distanțele indicate în art. 4.2.2.

4.2.4. Distanțele minime de izolare în aer (notate cu  $A_1$  în fig. 9) ale conductoarelor flexibile aflate sub tensiune, față de alte elemente sub tensiune sau legate la pământ, în timpul balansului datorat vântului, sînt indicate în tabelul 8.

Deplasarea „a” a unui conductor (fig. 9) poate fi determinată aproximativ cu relația :

$$a = f \sin \alpha,$$

în care  $f$  este săgeata conductorului la temperatura de  $+15^\circ\text{C}$ , în punctul de apropiere, iar unghiul  $\alpha$  este definit prin relația:

$$\alpha = \arctg \frac{p}{q},$$

în care :  $p$  este greutatea unitară a conductorului,  $\text{daN/m}$  ;  
 $q$  — forța unitară datorată vântului pe conductor,  $\text{daN/m}$ .

Pentru determinarea forței unitare datorate vântului, viteza acestuia se adoptă egală cu 60% din valoarea maximă luată în considerare la calculul mecanic al conductoarelor flexibile (tabelul 7).

La determinarea distanțelor minime, se va considera că acțiunea vântului asupra conductoarelor se manifestă în cazul a două faze vecine, în sensul apropierii unei singure faze, cealaltă rămînînd nedeplasată.

**4.2.5.** Distanțele minime de izolare în aer (notate cu  $A_2$  în fig. 9) ale conductoarelor flexibile aflate sub tensiune, față de alte elemente sub tensiune sau legate la pământ, în timpul scurtcircuitelor, sînt indicate în tabelul 8.

**4.2.6.** Distanțele minime de izolare în aer dintre elementele mobile riguros și sigur ghidate, ale instalațiilor electrice, față de alte elemente ale acestor instalații, trebuie să corespundă indicațiilor din art. 4.2.2., cu condiția ca aceste distanțe să fie respectate în orice situație, indiferent dacă elementele mobile sînt în mișcare sau în repaus.

Din această categorie fac parte, de exemplu, contactele mobile ale separatoarelor și cele ale separatoarelor de legare la pământ, suporturile rabatabile ale corpurilor de iluminat etc.

**4.2.7.** Distanțele dintre două piese sub tensiune, care pot să se găsească la aceleași tensiuni nominale, însă nesincrone între ele, trebuie să fie cel puțin egale cu [1, 2] ori distanța A din tabelul 8.

**4.2.8.** Distanțele dintre părțile sub tensiune ale unor instalații care funcționează la tensiuni nominale diferite trebuie să fie cel puțin egale cu 1, 2 ori distanța A prescrisă pentru tensiunea nominală cea mai mare (tab. 8).

**4.2.9.** Pentru instalațiile amplasate la mare altitudine, distanțele de izolare în aer indicate în tabelul 8 trebuie să fie mărite cu 1,25% pentru fiecare 100 m spor peste altitudinea de 1000 m. Această indicație este valabilă numai pînă la altitudinea de 3000 m.

**4.2.10.** În cazurile în care prin construcția aparatelor la racordarea căilor de curent la bornele acestora, nu se pot respecta distanțele A și  $A_0$  din tabelul 8 se admit distanțe mai mici în zona de racordare, în conformitate cu indicațiile întreprinderii constructoare.

În lipsa acestor indicații distanțele dintre căile de curent și dintre acestea și elementele legate la pământ trebuie să fie cel puțin egale cu distanțele libere dintre bornele aparatului. Zona de racordare va fi redusă la minimum posibil.

### 4.3. Distanțe de protecție

**4.3.1.** În spațiile de producție electrică, protecția personalului împotriva atingerii accidentale a elementelor aflate sub tensiune, în timpul executării lucrărilor curente de exploatare, se asigură printr-una dintre următoarele măsuri :

— amplasarea la înălțime corespunzătoare în zone inaccesibile atingerilor accidentale;

— îngrădiri de protecție definitive, pline sau din plasă (se admite și folosirea balustradelor).

**4.3.2.** Îngrădirile de protecție definitive, pline sau din plasă, din interiorul incintei unei instalații electrice, trebuie să aibă înălțimea de cel puțin 2 m, iar balustradele trebuie să aibă marginea superioară la cel puțin 1,5 m deasupra solului. Execuția îngrădirilor trebuie realizată în conformitate cu art. 5.3.3.

**4.3.3.** La amenajarea instalațiilor de exterior trebuie respectate distanțele din tabelul 8. Aceste distanțe pot fi mărite în locurile în care nu poate fi evitată manevrarea unor materiale lungi, care nu sînt izolate pentru tensiunea de exploatare.

**4.3.4.** Distanța dintre părțile conductoare sub tensiune sau izolate față de pămînt ale instalației și îngrădirile de protecție cu caracter definitiv trebuie să fie cel puțin egală cu distanța  $B_1$ ,  $B_2$  sau  $B_3$  din tabelul 8, domeniul de protecție fiind indicat în figura 10.

Izolatoarele pot pătrunde parțial sau total în domeniul de protecție, cu condiția asigurării protecției împotriva atingerii accidentale a elementelor aflate sub tensiune prin îngrădiri pline sau din plasă (exemple: fig. 10 a și fig. 10 b).

**4.3.5.** Elementele instalației aflate sub tensiune și situate la o înălțime mai mare sau cel puțin egală cu distanța C din tabelul 8 față de nivelul solului, respectiv al platformei de deservire, nu necesită de regulă îngrădiri de protecție. Domeniul de protecție (fig. 11) are lățimea E indicată în tabelul 8.

**4.3.6.** Izolatoarele ale căror părți conductoare aflate sub tensiune se găsesc în condițiile indicate în art. 4.3.5. nu trebuie îngrădite dacă marginea superioară a soclurilor legate la pământ

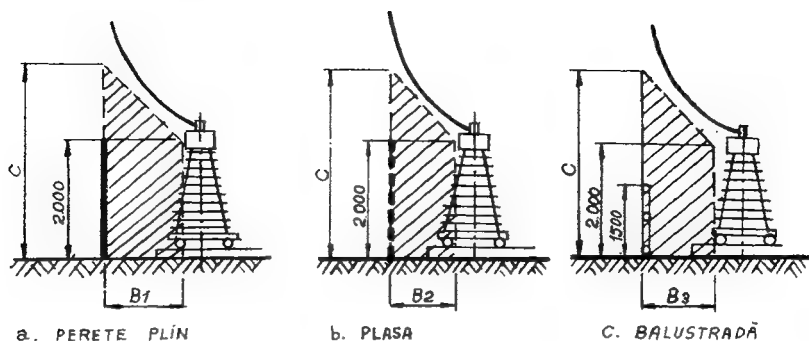


Fig. 10

mînt ale izolatoarelor se află la o înălțime de cel puțin 2300 mm față de nivelul solului, respectiv al platformei de deservire (fig. 11).

4.3.7. Distanța dintre elementele instalațiilor exterioare, la care se prevede efectuarea unor lucrări de revizie — reparații și părțile vecine, neîngrădite ale instalațiilor, rămase sub

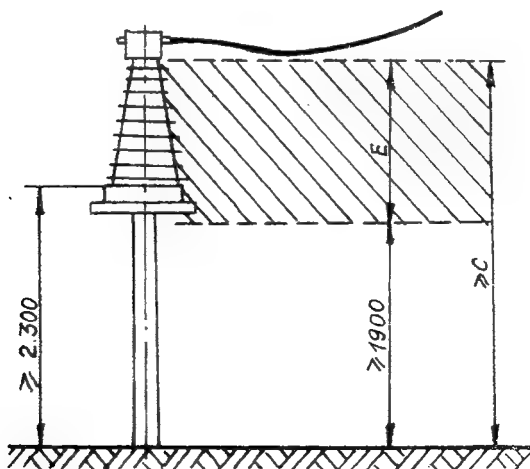


Fig. 11

tensiune sau izolate față de pământ, trebuie să fie suficientă pentru a permite executarea lucrărilor în condiții de securitate, în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalații electrice.

În acest scop, distanțele de protecție contra atingerii accidentale a părților neîngrădite aflate sub tensiune sau izolate față de pământ, măsurate între aceste părți și marginea domeniului permis pentru lucru, trebuie să fie cel puțin egale cu valoarea  $D$  din tabelul 8 și figura 12.

Distanțele de protecție de mai sus pot fi reduse pînă la valoarea  $E$  din tabelul 8 în următoarele condiții (fig. 12):

— elementele aflate sub tensiune sau izolate față de pământ se găsesc deasupra domeniului permis pentru lucru ;

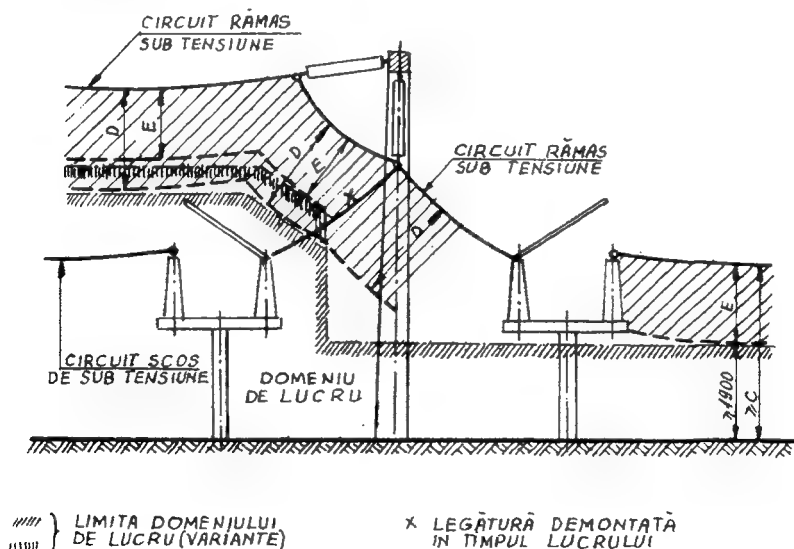


Fig. 12

— se lucrează numai cu scule ușoare (de mână) ;  
 — pătrunderea în domeniul de protecție se poate face numai prin ridicarea mâinilor (dar nu prin deplasarea laterală a lucrătorului).

Distanțele față de elementele mobile ale instalației, aflate sub tensiune sau izolate față de pământ, trebuie să fie măsurate ținând seama de deplasarea posibilă a acestor elemente în timpul lucrului.

Executarea de lucrări la elementele mobile, riguros și sigur ghidate (menționate în art. 4.2.6.), este admisă numai în pozițiile în care sînt respectate distanțele indicate mai sus.

Dimensiunile domeniului de lucru se stabilesc în funcție de natura lucrărilor de executat și de modul de manevrare a pieselor și utilajelor, astfel încît să nu fie necesară pătrunderea voită în zona de protecție. Înălțimea minimă a domeniului de lucru, măsurată de la planul pe care pășește lucrătorul este de 1900 mm. Se va ține seama de faptul că în cazul instalării unor platforme de acces la echipament, înălțimea lor se recomandă să fie astfel aleasă, încît punctul la care se lucrează să se găsească la circa 1000—1750 mm deasupra platformei, în funcție de natura operațiilor necesare.

La adoptarea dispozițiilor constructive și a distanțelor respective, se va ține seama de faptul că în cazul circuitelor suprapuse se poate lucra la circuitul de jos cînd circuitul de sus este sub tensiune. Situația inversă este admisă numai cu justificări și precauții speciale.

Dacă pentru dimensiunile domeniului de lucru nu există indicații speciale și se presupune că se lucrează numai cu scule ușoare, pot fi adoptate următoarele distanțe între circuite, în cazul în care se prevede lucrul la unul dintre circuite, celălalt circuit rămînînd sub tensiune :

— pe orizontală :  $A_0 + 2000 \text{ mm}$

— pe verticală :  $A_0 + 750 \text{ mm}$

**4.3.8.** Distanța dintre elementele aflate sub tensiune sau izolate față de pământ ale diverselor părți ale instalațiilor de tip deschis și clădiri tehnologice sau anexe trebuie să fie suficientă pentru a permite executarea în condiții de securitate a unor lucrări la pereții sau acoperișul clădirilor, în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalații electrice. În acest scop se prevăd aceleași măsuri ca în art. 4.3.7. (fig. 13).

Distanța pe verticală dintre părțile sub tensiune sau izolate față de pământ ale instalațiilor electrice situate deasupra

clădirii și acoperișului acesteia trebuie să fie cel puțin egală cu distanța C din tabelul 8. În caz contrar, este necesară o îngrădire locală (pe acoperiș).

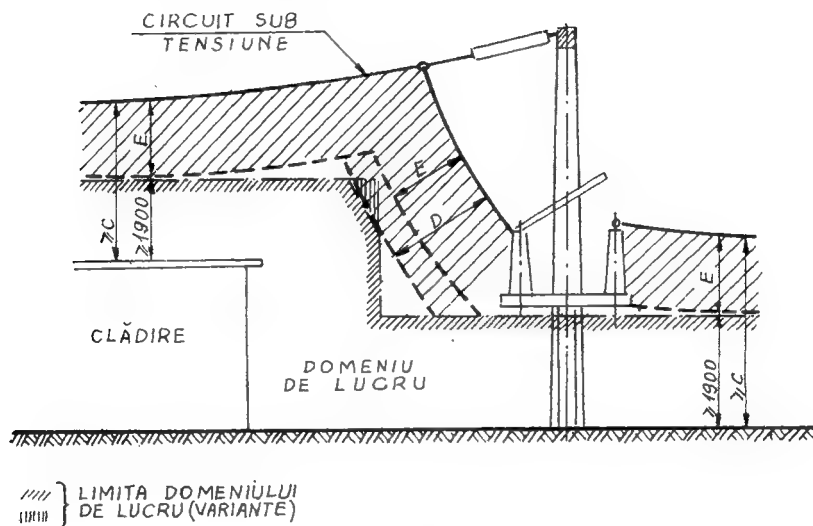


Fig. 13

Condițiile de mai sus nu se referă la elementele circuitelor racordate la instalațiile interioare din clădirea respectivă sau la cele fixate sau ancorate de clădire. Fac excepție, de asemenea, cabinele pentru circuite secundare, servicii proprii și instalații auxiliare, situate în spațiile de producție electrică, față de care se pot adopta distanțe mai mici, luându-se măsurile corespunzătoare de protecție a muncii. Aceste distanțe vor fi însă cel puțin egale cu distanța de izolare  $A_0$  din tabelul 8.

◆ 4.3.9. În interiorul spațiilor de producție electrică, distanța dintre elementele conductoare aflate sub tensiune și gabaritele echipamentelor în curs de a fi transportate, inclusiv utilajele de transport și de ridicare, trebuie să fie cel puțin egală cu distanța E până la limita superioară a gabaritului de

transport și F pe verticală peste această limită (tab. 8 și fig. 14). În porțiunile în care se prevăd îngrădiri de protecție cu caracter definitiv, conform art. 4.3.4. gabaritul de transport se consideră pînă la aceste îngrădiri.

În domeniul de protecție se admite existența izolatoarelor cu condiția ca ele să se găsească la înălțimi cel puțin egale cu limita superioară a gabaritului de transport sau în caz contrar la minimum 600 mm de acestea, iar părțile sub tensiune aferente să se afle în afara acestui domeniu (fig. 14).

În afară de condițiile de mai sus, în zona de transport trebuie să fie respectate condițiile indicate în art. 4.3.4., 4.3.5. și 4.3.6. în legătură cu circulația persoanelor.

În documentația de proiectare se vor indica gabaritele permise pentru transport, ținînd seama de condiția ca vehiculul de transport (inclusiv echipamentul transportat) să se poată abate cu cîte 350 mm de o parte și de alta a axului drumului în cazul drumurilor amenajate, respectiv față de axul în lungul căruia se face transportul în cazul spațiilor de circulație neamenajate.

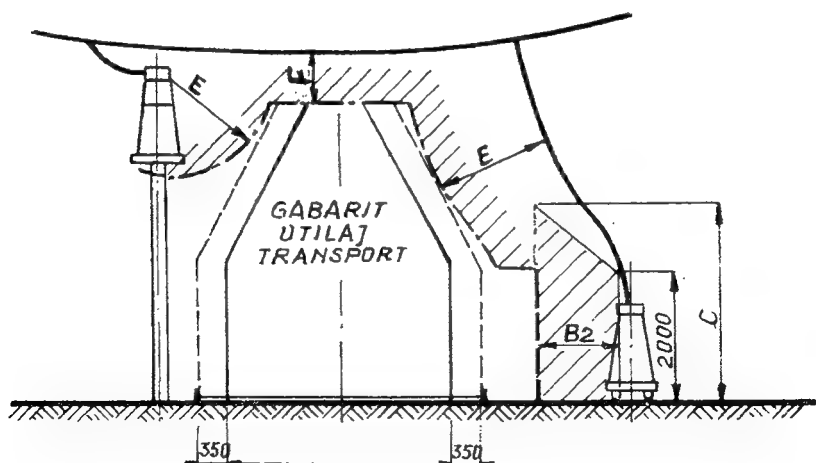


Fig. 14

**4.3.10.** Distanța dintre părțile sub tensiune și îngrădirile spațiilor de producție electrică de exterior (conform art. 4.1.1.)



trebuie să fie cel puțin egală cu distanța  $G$  din tabelul 8, domeniul de protecție fiind indicat în figura 15. Această prevedere se aplică și în cazul îngrădirilor cu înălțimea mai mică de 2 m (dar de minimum 1,5 m) conform art. 4.1.2.

Cînd înălțimea îngrădirilor este de cel puțin 2 m, se admite ca în interiorul domeniului de protecție să se găsească părți izolate ale instalației (fig. 15), distanța lor pînă la planul îngrădirii trebuind să fie cel puțin egală cu distanța  $D$  din tabelul 8.

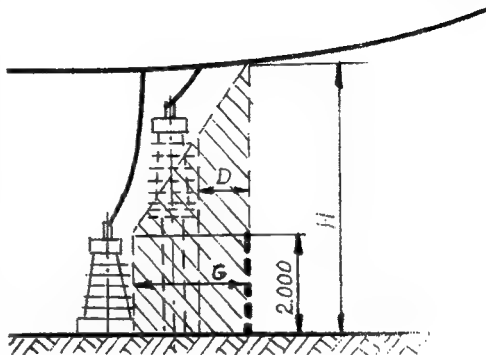


Fig. 15

**4.3.11.** La părăsirea spațiilor de producție electrică de exterior, înălțimea minimă  $H$  față de sol a conductoarelor sub tensiune (fig. 15) se va determina în conformitate cu prevederile normativului pentru construcția liniilor electrice aeriene cu tensiunea mai mare de 1000 V.

**4.3.12.** În cazul executării unor lucrări cu scoaterea parțială de sub tensiune a instalației, nu trebuie să existe elemente sub tensiune sau elemente izolate față de pământ ale părților de instalație rămase sub tensiune, care să se afle față de partea scoasă de sub tensiune la o distanță mai mică de 1,2 ori distanța de izolare  $A$  din tabelul 8. Această prevedere nu se referă la distanța constructivă a separatorului prin care s-a făcut separarea (între contactele sale deschise).

**4.3.13.** La instalațiile sub tensiune montate la mare altitudine distanțele de protecție din tabelul 8 se majorează cu creșterea distanței de izolare în aer, calculată conform art. 4.2.9.

## 4.4. Coridoare și accese

**4.4.1.** Transportul transformatoarelor la stațiile de transformare se va face de regulă pe drumuri de acces pentru autovehicule.

Această prevedere nu se referă la stațiile provizorii aferente organizărilor de șantier.

**4.4.2.** Drumurile de acces pentru autovehicule la instalațiile care nu au racord de cale ferată trebuie amenajate pentru transportul transformatoarelor și al altor piese grele care se introduc în instalație. Se va verifica posibilitatea transportului în ceea ce privește gabaritele și sarcinile admise pe poduri și drumuri.

Drumurile destinate exclusiv deservirii instalațiilor de conexiuni și transformare vor avea o singură bandă de circulație și vor fi construite pînă la locul de descărcare a transformatoarelor și a celorlalte piese grele. Ele vor fi racordate la drumurile publice pentru autovehicule.

Se vor asigura drumuri pentru accesul pompierilor la diferite construcții și instalații din incintă, considerînd o distanță maximă de 200 m de la vehiculul pompierilor pînă la oricare punct al instalației care poate necesita o intervenție.

**4.4.3.** Porțile de acces în instalațiile electrice de exterior trebuie închise cu cheia sau pázite.

În cazul intrărilor prin care accesul este foarte rar, se admit panouri de gard demontabile.

**4.4.4.** Lățimea liberă a coridoarelor și a căilor de circulație din incinta instalației (în afara celor menționate în art. 4.4.2.) trebuie să fie suficientă, după destinație, pentru circulație sau transport, însă nu mai mică de 1,2 m, iar înălțimea liberă trebuie să fie de cel puțin 2 m.

## **4.5. Dispunerea fazelor și marcarea**

**4.5.1.** Se recomandă ca fazele să fie dispuse în aceeași ordine în toate celulele, respectiv la toate sistemele de bare colectoare.

Dacă este necesară schimbarea succesiunii fazelor, aceasta se poate face în punctul de trecere de la un circuit la altul, de exemplu la racordarea celulelor la barele colectoare. Schimbarea succesiunii fazelor pe parcursul unui circuit este admisă numai în cazuri excepționale, dacă este justificată economic.

**4.5.2.** (Auto)transformatoarele, sistemele și secțiunile de bare colectoare, celulele, fazele și toate părțile importante ale instalației trebuie să fie marcate cu inscripții vizibile, clare și neechivoce.

**4.5.3.** (Auto)transformatoarele se numerotează pe cât posibil în ordine și se marchează cu cifre arabe.

**4.5.4.** Sistemele de bare colectoare se marchează cu cifre arabe, iar secțiunile aceluiași sistem de bare colectoare, cu litere majuscule.

**4.5.5.** Marcările celulelor trebuie să fie vizibile cel puțin din locurile de unde se face manevrarea aparatelor de conectare de la fața locului.

**4.5.6.** Conductoarele de curent alternativ trifazat vor fi marcate astfel :

- faza **R** în culoare **roșie închisă** ;
- faza **S** în culoare **galbenă** ;
- faza **T** în culoare **albastră închisă**.

În cazul barelor rigide, acestea pot fi vopsite în întregime (cu excepția îmbinărilor) în culoarea respectivă. În celelalte cazuri, marcarea fazelor se va face numai în anumite puncte vizibile (pe polii separatoarelor, eventual și pe cei ai întrerupătoarelor etc.).

**4.5.7.** Marcarea cablurilor se va face în conformitate cu normativul pentru proiectarea și construirea rețelelor de cabluri electrice.

**4.5.8.** Pe îngrădirile exterioare (de incintă) ale spațiilor de producție electrică, pe îngrădirile de protecție din interiorul acestor spații, precum și pe toate porțile și ușile de acces, trebuie să se prevadă inscripții privind destinația și indicatoare de securitate.

## 4.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere

**4.6.1.** Construcțiile care servesc pentru susținerea echipamentului electric (aparataj și/sau căi de curent) se vor dimensiona la următoarele categorii de solicitări :

— solicitări în timpul funcționării, datorate greutateilor proprii, vântului, chiciurii și forțelor electrodinamice în caz de scurtcircuit ;

— solicitări în timpul montajului datorate greutății proprii și operațiilor de montare (inclusiv greutatea oamenilor, sculelor și dispozitivelor de montare), ținând seama de succesiunea operațiilor respective.

În cazul conductoarelor flexibile, nu se va ține seama de ruperea accidentală a acestora.

Solicitările datorate forțelor electrodinamice în caz de scurtcircuit se consideră în ipoteza că, pentru elementele de construcție ale unei stații de o anumită tensiune, efectul curenților de scurtcircuit se manifestă într-un singur circuit.

La determinarea eforturilor care urmează a fi luate în considerare, se va ține seama de perspectiva dezvoltării instalațiilor pe o perioadă de circa 10 ani.

**4.6.2.** Construcțiile menționate în articolul precedent trebuie să prezinte suficientă rigiditate, pentru a menține în limite nepericuloase, pentru aparate și îmbinări, amplitudinea vibrațiilor în timpul manevrelor.

**4.6.3.** Construcțiile pentru fixarea căilor de curent se confecționează din beton armat sau metal, de regulă, din elemente prefabricate.

**4.6.4.** Suporturile de susținere, folosite în mod provizoriu ca suporturi terminale, se recomandă a fi întărite cu ancore.

**4.6.5.** Sarcinile transmise de căile de curent se stabilesc conform art. 6.7.1. și 6.7.2.

**4.6.6.** Elementele de construcții care se găsesc în apropierea părților conductoare de curent și care pot fi atinse de personal nu trebuie să se încălzească datorită acțiunii curențului electric la temperaturi, de regulă, peste  $+50^{\circ}\text{C}$ , iar cele care nu sînt accesibile atingerii personalului nu trebuie să depășească, de regulă, temperaturi de peste  $+70^{\circ}\text{C}$ .

Construcțiile conținînd elemente metalice situate în vecinătatea căilor de curent se vor verifica la încălzirea în regim normal, atunci cînd curenții pe căile de curent învecinate depășesc 1000 A.

## 5. INSTALAȚII ELECTRICE DE INTERIOR

### 5.1. Condiții generale

**5.1.1.** Instalațiile electrice de interior pot fi amplasate în încăperi de producție sau în încăperi de producție electrică (definite conform art. 1.2.3.).

**5.1.2.** Clădirile instalațiilor electrice de tip interior pot să nu fie îngrădite.

**5.1.3.** În încăperile de producție pot fi montate numai instalații electrice tip închis, luându-se în același timp măsurile necesare pentru a se evita posibilitatea efectuării unor manevre de către persoanele necalificate care circulă în apropiere (datorită unor comutatoare de comandă, manete, butoane etc. liber accesibile). Aceste instalații vor fi amplasate în afara razei de acțiune a mecanismelor de ridicare și transport, conform art. 2.3.3.

În încăperile de producție în care există un transport uzual intens sau aglomerări de materiale ori mașini, se recomandă îngrădirea echipamentului electric instalat, pentru a fi protejat contra deteriorărilor mecanice.

În încăperile de producție se recomandă a se folosi numai aparate cu izolație uscată sau din material neinflamabil, în afară de întreruptoare, care pot fi de tipul cu ulei puțin.

**5.1.4.** Încăperile și clădirile în care se găsesc instalații electrice cu tensiuni peste 1 kV trebuie să fie executate din materiale incombustibile. Utilizarea materialelor greu combustibile (pentru izolații termice) se va face în condițiile admise de normele P.S.I. Clădirile trebuie să fie de gradul I sau II de rezistență la foc.

Limita de rezistență la foc a pereților și planșeelor încăperilor instalațiilor electrice este indicată în tabelul 9.

**5.1.5.** Dacă amplasarea instalațiilor de interior, cu alimentări și distribuție subterane se face, față de construcțiile indu-

◆ Tabelul 9

Conținutul încăperii	Limita de rezistență la foc
Aparate electrice cu max. 60 kg ulei pe cuvă (fără depozite de materiale combustibile)	0,25 ore
Echipamente cu peste 60 kg ulei pe cuvă, la care colectarea uleiului este prevăzută a se face prin prag	4 ore pentru pereți
Depozite de materiale combustibile necesare instalațiilor electrice	și 3 ore pentru planșee
Echipamente cu peste 60 kg ulei pe cuvă, la care colectarea uleiului este prevăzută a se face prin colector	1 oră
Posturi de transformare în construcție independentă, indiferent de modul de colectare a uleiului	1 oră

striale sau civile, în conformitate cu art. 2.1.12., pct. b, trebuie respectate următoarele prevederi :

a) Pereții de pe laturile pe care distanțele nu se normează sau pe care se face alipirea de alte clădiri trebuie să fie incombustibili, cu limita de rezistență la foc de minimum patru ore și fără goluri. Se admit uși de comunicație cu limita de rezistență la foc de minimum 1,5 ore.

În cazul instalațiilor electrice care nu conțin mai mult de zece tone ulei, precum și în cazul posturilor de transformare, limita de rezistență la foc a pereților menționați mai sus va fi de minimum trei ore.

b) Acoperișurile și planșeele clădirilor în care se găsesc instalații electrice trebuie să fie executate din beton armat, cu limita de rezistență la foc de minimum 1,5 ore și fără goluri. Fac excepție golurile pentru ventilație naturală. Se admite practicarea lor în acoperiș numai dacă gradul de rezistență la foc al construcțiilor vecine, situate la distanță nenormată sau alipite, este I sau II. În acest caz, pereții despărțitori dintre instalațiile electrice și construcțiile învecinate vor depăși gabaritul încăperii instalațiilor electrice cu 0,6 m.

**Observație :** Condițiile a și b nu sînt obligatorii în cazul instalațiilor electrice amplasate liber în hală, conform art. 6.3.3. pct. f.

c) Trebuie să se prevadă colectarea uleiului la fiecare transformator în parte sau la fiecare grupă de transformatoare situate în aceeași încăpere, indiferent de cantitatea de ulei.

În general se recomandă folosirea aparatelor fără ulei sau cu ulei puțin.

d) Acolo unde este necesar, trebuie să se ia măsuri de izolare fonică a zgomotului provocat de aparatele de comutare, transformatoare, ventilatoare etc.

**5.1.6.** Instalațiile nu trebuie amenajate în încăperi umede, cu acțiune chimică dăunătoare, cu praf, cu temperaturi ridicate, cu pericol de incendiu sau explozie, precum și sub încăperi cu proces tehnologic umed (dușuri, closete, vane etc.).

**5.1.7.** La amenajarea instalațiilor electrice de interior trebuie să se ia în considerare, în afară de condițiile climatice indicate în art. 3.9. și tabelul 6, influența altor factori de mediu, ca de exemplu : praf, fum, gaze și vapori agresivi, conținut de săruri în aer etc.

**5.1.8.** În cazul în care factorii de mediu menționați în art. 5.1.7. periclitează funcționarea instalației, se poate apela la unul dintre următoarele mijloace :

a) Protecția împotriva pătrunderii prafului sau a altor agenți din atmosferă.

b) Folosirea unor materiale care să reziste agenților agresivi sau acoperirea de protecție a materialelor nerezistente la acțiunea acestor factori.

c) Ventilarea sau climatizarea încăperilor sau a diverselor părți componente ale instalației, în vederea nedepășirii valorilor indicate în tabelul 6.

Se vor lua măsuri pentru evitarea supraîncălzirilor în cazul opririi accidentale a instalației de ventilație sau de climatizare. Aceste măsuri vor consta din controale periodice, semnalizări etc., în funcție de condițiile locale.

Instalațiile de ventilație mecanică din centralele și stațiile electrice trebuie prevăzute cu posibilitatea de oprire automată sau voită la apariția unui incendiu în încăperea ventilată sau în apropierea locului de absorbție a aerului. Oprirea voită trebuie să fie întotdeauna posibilă, și anume atât de la fața locului (dar din exteriorul încăperilor în care există ulei), cât și de la

punctul de comandă la care este semnalizat incendiul. În același punct de comandă trebuie semnalizată și starea de funcționare a instalației de ventilație mecanică.

**5.1.9.** Încăperile instalațiilor de distribuție care conțin transformatoare sau aparate cu peste 60 kg ulei pe cuvă trebuie prevăzute cu ventilație de avarie, mecanică (acolo unde este cazul) sau naturală organizată.

Instalația de ventilație de avarie trebuie să asigure într-o oră schimbarea unui volum de aer de cinci ori mai mare decât volumul încăperii, în scopul evacuării fumului ce se poate produce în caz de avarie.

**5.1.10.** Instalațiile de ventilație cu scopuri tehnologice (conform art. 5.1.8.c.) vor fi astfel dimensionate, încât să îndeplinească și condițiile unei ventilații de avarie.

**5.1.11.** La proiectarea instalațiilor de ventilație naturală sau mecanică trebuie respectate prevederile din normele republicane de protecție contra incendiilor și din standardele în vigoare.

**5.1.12.** Ferestrele încăperilor de producție electrică situate la parter, în cazul instalațiilor electrice neîngrădite amplasate în mediul urban sau în incinta unor întreprinderi industriale, precum și în cazul instalațiilor electrice îngădite amplasate în mediul rural sau cu regim de construcție similar celor din mediul urban, trebuie să fie prevăzute cu sticlă armată sau să fie confecționate din dale de sticlă (Nevada).

Posturile de transformare situate în mediul rural sau cu regim de construcție similar în mediul urban nu vor avea ferestre.

**5.1.13.** Prevederea iluminatului natural în încăperile de producție electrică nu este obligatorie. În aceste încăperi nu se admit lămpatoare.

**5.1.14.** Temperatura minimă nu trebuie să scadă sub +16°C, în încăperile în care există personal de exploatare permanent.

**5.1.15.** Încăperile de producție electrică trebuie astfel finisate, încât să permită o întreținere și curățenie ușoară.

**5.1.16.** Nu se admit denivelări ale planșeelor sau praguri în coridoarele din încăperile de producție electrică.



**5.1.17.** Nu se admite trecerea prin încăperile instalațiilor electrice a nici unui fel de conducte cu fluide, cu excepția celor cu apă caldă, care servesc pentru încălzirea instalației respective și cu condiția folosirii de țevi sudate, fără flanșe, ventile sau alte armături.

**5.1.18.** Trebuie luate măsuri contra pătrunderii apelor subterane în clădirile instalațiilor electrice.

De asemenea, trebuie să se aibă în vedere măsurile pentru evitarea unor solicitări inadmisibile la transformatoarele, aparatele și materialele electrice, datorate unor deformări ale clădirilor (de exemplu, tasări). Aceste măsuri urmează a se lua (dacă este cazul) atât la proiectarea părții electrice, cât și la cea a clădirilor.

**5.1.19.** Pentru a împiedica pătrunderea animalelor mici în clădirile instalațiilor electrice, toate orificiile din încăperile situate spre exterior sau spre încăperi cu altă destinație trebuie amplasate la o distanță minimă de 250 mm față de sol și prevăzute cu plasă având ochiuri de cel mult  $8 \times 8$  mm. Toate orificiile pentru trecerea cablurilor și a conductelor dintr-o încăpere în alta și în exterior trebuie să fie închise, respectiv etanșate cu materiale incombustibile.

**5.1.20.** Canalele de cabluri construite în interiorul clădirilor instalațiilor electrice trebuie să fie acoperite cu plăci demontabile din metal, beton armat sau alte materiale incombustibile sau rezistente la foc.

Capacele acestor canale trebuie să fie la același nivel cu pardoselile încăperilor, să nu prezinte jocuri sau discontinuități, asigurând o închidere cât mai perfectă, și să fie ușor de înlăturat în caz de nevoie.

**5.1.21.** Se admite montarea în aceeași încăpere a unor instalații cu tensiuni diferite, în cazul în care exploatarea lor se face de către aceeași organizație. Se recomandă însă ca instalațiile de conexiuni până la 1 kV și cele de peste 1 kV să fie instalate în încăperi separate.

**5.1.22.** În toate celulele instalațiilor electrice de interior cu tensiunea până la 35 kV inclusiv, indiferent de curentul de scurtcircuit, este necesar să se prevadă pereți despărțitori plini

între barele colectoare și restul aparatelor din celule. Fac excepție celulele instalațiilor de cel mai simplu tip (posturi), în care acest perete poate să lipsească.

Compartimentări suplimentare între diversele părți componente ale celulei se vor prevedea în funcție de valorile curenților de scurtcircuit din instalația respectivă. În celulele de tip închis compartimentările suplimentare se vor face, de regulă, indiferent de puterea de scurtcircuit.

**5.1.23.** Se vor prevedea pereți transversali de separare a încăperilor instalațiilor electrice de înaltă tensiune în următoarele cazuri :

- între secțiile de bare reprezentând sursa de alimentare normală și, respectiv, de rezervă a unor consumatori de gradul 0 (inclusiv alimentarea unor pompe de incendiu) ;

- între secțiile de bare de servicii proprii, aparținând unor blocuri diferite, la centralele termoelectrice;

- în cazul unui număr mare de celule de tip deschis, încât să nu se depășească circa 30 de astfel de celule pe încăpere ; în cazul barelor colectoare secționate pereții de separare se vor dispune la limita dintre cele două secții de bare.

Limita de rezistență la foc a pereților de separare va fi de 1 oră.

Fiecare dintre compartimentele rezultate în urma separării va fi prevăzut cu instalații de ventilare și iluminat alimentate separat.

Se admite ca introducerea sau scoaterea aerului să fie comună pe grupe de compartimente legate tehnologic, cu respectarea următoarelor condiții :

- prevederea de clapete antifoc corespunzătoare pe ramificațiile tuturor compartimentelor ;

- prevederea de jaluzele de suprapresiune la fiecare grup de ventilatoare ;

- oprirea instalațiilor de ventilare (de aspirație și refulare) la semnalizarea unui început de incendiu în oricare dintre compartimentele care au aspirație sau refulare comună.

**5.1.24.** Delimitarea spațiilor de producție electrică aparținând unor organizații de exploatare diferite poate fi făcută prin îngrădiri de tipul cel mai simplu, de exemplu prin coridoare de PVC.

**5.1.25.** În celulele, boxele etc., în care există necesitatea deservirii cu ușa deschisă fără întreruperea tensiunii (de exemplu, pentru schimbarea siguranțelor de înaltă tensiune, manevrarea aparatelor cu tija izolantă, control vizual etc.), precum și în camerele ce conțin aparate de înaltă tensiune sau transformatoare și în care accesul se face direct din exterior (de exemplu, boxa de transformator etc.), este necesar să se prevadă îngrădiri de protecție conform art. 5.3.1.—5.3.5.

Nu sînt necesare, de regulă, astfel de îngrădiri: dacă sînt respectate prevederile art. 5.3.7.

**5.1.26.** Celulele de tip închis prevăzute cu întreruptoare montate pe cărucioare debroșabile trebuie să fie astfel construite, încît, indiferent de poziția căruciorului, să nu existe pericolul unor atingeri accidentale ale părților sub tensiune.

**5.1.27.** Dispoziția constructivă a instalațiilor și distanțele de protecție vor fi astfel alese, încît, dacă se prevede necesitatea executării unor lucrări cu scoaterea parțială de sub tensiune a instalației, să poată fi respectate măsurile corespunzătoare prevăzute de normele de protecție a muncii pentru instalații electrice.

Una dintre măsurile necesare în acest scop este separarea între ele a sistemelor (secțiilor) de bare colectoare prin pereți longitudinali plini pe tot parcursul traseului lor, dacă distanța dintre ele nu permite lucrul la unul din sisteme (secție), cînd celălalt sistem (secție) este sub tensiune.

La stațiile de medie tensiune, măsurile de separare indicate mai sus se recomandă și în vederea evitării extinderii avariilor.

**5.1.28.** În proiect se vor indica locurile unde se prevăd a fi racordate scurtcircuitoarele mobile și care vor avea suprafețe de contact corespunzătoare.

**5.1.29.** În centrale și stații de transformare și conexiuni, pentru depozitarea materialelor și a echipamentelor de exploatare și întreținere, legate strict de obiectul respectiv, trebuie să se prevadă încăperi cu spații special destinate acestui scop, acolo unde este cazul.

Pentru păstrarea tijelor izolante, a cleștilor izolanți și a scurtcircuitoarelor mobile, se va prevedea un loc uscat și ușor accesibil.

## 5.2. Distanțe de izolare în aer

**5.2.1.** Pentru instalațiile sau părțile de instalație asamblate la locul de exploatare, la care izolația în aer între elementele componente aflate sub tensiune, precum și între acestea și elementele legate la pământ nu poate fi verificată prin încercări asupra nivelului de izolație (conform art. 3.11.), asigurarea nivelului de izolație trebuie să se facă prin respectarea prevederilor din articolele următoare.

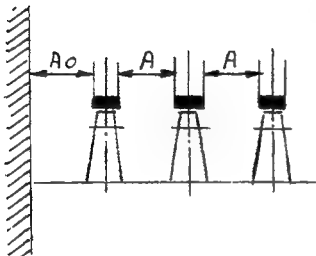


Fig. 16

**5.2.2.** Distanțele minime de izolare în aer între părțile conductoare aflate sub tensiune și aparținând unor faze diferite (notate cu  $A$ ), precum și între acestea și elementele legate la pământ (notate cu  $A_0$ ) sînt indicate în figura 16 și tabelul 10.

**5.2.3.** În cazul unor elemente mobile (conductoare flexibile, contacte de separatoare etc.), distanțele minime de izolare în aer trebuie verificate și în conformitate cu art. 4.2.3., 4.2.5. și 4.2.6., valorile corespunzătoare fiind indicate însă în tabelul 10.

**5.2.4.** Distanțele dintre două piese sub tensiune, care pot să se găsească la aceleași tensiuni nominale, însă nesincrone între ele, trebuie să fie cel puțin egale cu 1,2 ori distanța  $A$  din tabelul 10.

**5.2.5.** Distanțele dintre părțile sub tensiune ale unor instalații care funcționează la tensiuni nominale diferite trebuie să fie cel puțin egale cu 1,2 ori distanța  $A$  prescrisă pentru tensiunea cea mai mare (tabelul 10).

**5.2.6.** Pentru instalațiile amplasate la mare altitudine, distanțele de izolare în aer, indicate în tabelul 10, trebuie să fie mărite cu 1,25% pentru fiecare 100 m spor peste altitudinea de 1 000 m. Această indicație este valabilă numai pînă la altitudinea de 3 000 m.

**5.2.7.** În cazul instalațiilor prefabricate, distanțele de izolare minime nu se normează. Aceste instalații se vor verifica

Tabelul 10

## Instalații electrice de interior. Distanțe minime de izolare în aer și de protecție

Numărul articolului	Nr. figurii	Simbolul și relația de calcul kV, mm	Distanțe minime (mm) la diverse tensiuni nominale (kV)							
			(3) kV	6 kV	10 kV	20 (15) kV	(35) kV	(60) kV	110 kV	220 kV
5.2.2.; 5.2.6.; 5.2.9.	16	$A_0$	65	90	120	180	290	500	900	1800
5.2.2.; 5.2.4.; 5.2.5.; 5.2.6.; 5.2.9.	16	$A=1,1 A_0$	70	100	130	200	320	550	1000	2000
5.2.3.	9	$A_2=A_0(EXT)/2$ $(A_2 \leq A)$	70	100	100	150	200	330	450	900
5.3.5.; 5.3.7.	17, 18, 20	$B_1=A_0+30$	100	120	150	210	320	530	930	1850
		$B_2=A_0+100$	170	190	220	280	390	600	1000	1900
		$B_3=A_0+750$	820	840	870	930	1050	1250	1630	2550
5.3.7.	17, 19	$C=A_0+2500$	2600	2600	2650	2700	2800	3000	3400	4300
5.3.9.	12	$D=A_0+1250$	1350	1350	1400	1450	1550	1750	2150	3050
5.3.9.	12	$E=A_0+600$	670	690	720	780	890	1100	1500	2400
5.3.11.	—	H	4500	4500	4500	4750	4750	5500	5500	6500

## NOTĂ:

- 1) Tensiunile din paranteză nu sînt standardizate.  
 2) Pentru tensiuni nominale egale sau mai mari de 60 kV, distanțele se referă la instalații din rețele cu neutru legat efectiv la pământ;

la tensiunile de încercare prevăzute în standardul de coordonare a izolației.

**5.2.8.** În situația în care, din diverse motive, distanțele din tabelul 10 și figura 16 nu pot fi respectate, se admite folosirea de pereți intermediari din materiale izolante, dacă prin încercări se va proba capacitatea de izolare pentru dispoziția respectivă și numai în cazul folosirii de materiale izolante, care să-și păstreze în timp caracteristicile dielectrice.

Verificarea se va face la tensiunile de încercare prevăzute în standardul de coordonare a izolației.

**5.2.9.** În cazurile în care, prin construcția aparatelor, la racordarea căilor de curent la bornele acestora, nu se pot respecta distanțele A și  $A_0$  din tabelul 10, se admit distanțe mai mici în zone de racordare, în conformitate cu indicațiile întreprinderii constructoare.

În lipsa acestor indicații distanțele dintre căile de curent și dintre acestea și elementele legate la pământ trebuie să fie cel puțin egale cu distanțele libere dintre bornele aparatului. Zona de racordare va fi redusă la minimum posibil.

### **5.3. Distanțe de protecție**

**5.3.1.** În spațiile de producție electrică, protecția personalului împotriva atingerilor accidentale ale elementelor aflate sub tensiune, în timpul executării lucrărilor de exploatare, se asigură printr-una din următoarele măsuri :

— amplasarea la înălțime corespunzătoare, în zone inaccesibile atingerilor accidentale ;

— îngrădiri de protecție definitive, pline sau din plasă (se admite și folosirea balustradelor) ;

— dispunerea echipamentului în carcase închise (instalații de tip închis).

**5.3.2.** Îngrădirile de protecție definitivă, pline sau din plasă, trebuie să aibă înălțimea de 1,8 m, iar balustradele de 1,2 m. Se admite folosirea de îngrădiri de protecție pline sau din plasă cu înălțime mai mică de 1,8 m (dar nu sub 1,2 m), în condițiile din art. 5.3.5.

**5.3.3.** Pereții, ușile și îngrădirile de protecție trebuie să fie suficient de rezistente din punct de vedere mecanic și bine fixate.

Pereții de protecție sau ușile pline trebuie să fie executate din materiale rigide și incombustibile. În cazul folosirii de tablă de oțel, aceasta va avea o grosime de cel puțin 2 mm.

Îngrădirile sau ușile din plasă se execută cu ochiuri de cel mult  $20 \times 20$  mm.

Între partea inferioară a ușilor sau a plaselor de protecție și sol (pentru instalațiile de exterior) sau pardoseli (pentru instalațiile de interior) nu trebuie lăsat un spațiu mai mare decât cel necesar pentru închidere-deschidere (montare și demontare), pentru a împiedica pătrunderea animalelor sau a unor obiecte prin acest spațiu.

Balustradele se execută de regulă din bare sau țevi. Ele trebuie dispuse pînă la înălțimea prescrisă, distanța dintre două bare pe verticală sau între pămînt și prima bară fiind de cel mult 600 mm. Balustradele care se încadrează în prevederile art. 5.1.25. și care pot fi îndepărtate fără ajutorul unor scule trebuie să fie dintr-un material rău conducător de electricitate (de exemplu, lemn ignifugat).

Ușile îngrădirilor de protecție trebuie să fie închise cu cheie sau să poată fi demontate numai cu scule. În interiorul spațiilor de producție electrică se admit chei triunghiulare sau pătrate.

**5.3.4.** La amenajarea instalațiilor electrice de interior trebuie respectate distanțele de protecție din tabelul 10. Aceste distanțe pot fi mărite în locurile în care nu poate fi evitată manevrarea unor materiale lungi, care nu sînt izolate pentru tensiunea de exploatare.

**5.3.5.** Distanța dintre părțile conductoare, aflate sub tensiune sau izolate față de pămînt, ale instalației și îngrădirile de protecție cu caracter definitiv trebuie să fie cel puțin egală cu distanțele  $B_1$ ,  $B_2$  sau  $B_3$  din tabelul 10, domeniul de protecție fiind indicat în figura 17.

**5.3.6.** Izolatoarele pot pătrunde parțial sau total în domeniul de protecție, cu condiția asigurării protecției împotriva atingerii accidentale a elementelor aflate sub tensiune, prin îngrădiri din tablă sau din plasă (fig. 18).

5.3.7. Elementele instalației aflate sub tensiune sau izolate față de pământ și situate la o înălțime mai mare sau cel puțin egală cu valoarea C (tabelul 10) față de nivelul pardoselei

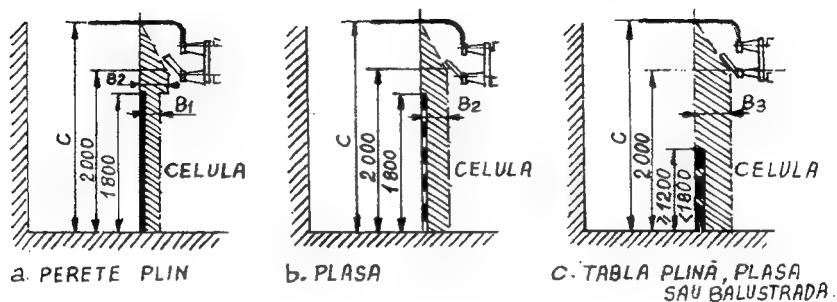


Fig. 17

(platformei de deservire) nu necesită, de regulă, îngrădiri de protecție. Domeniul de protecție este indicat în figura 19 și tabelul 10.

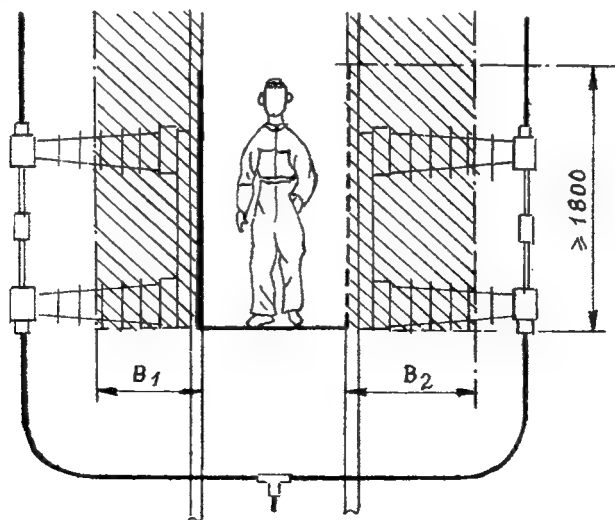


Fig. 18



Dacă înălțimea acestor elemente este mai mică decât valoarea  $C$ , sînt necesare îngrădiri care pot fi realizate în două moduri :

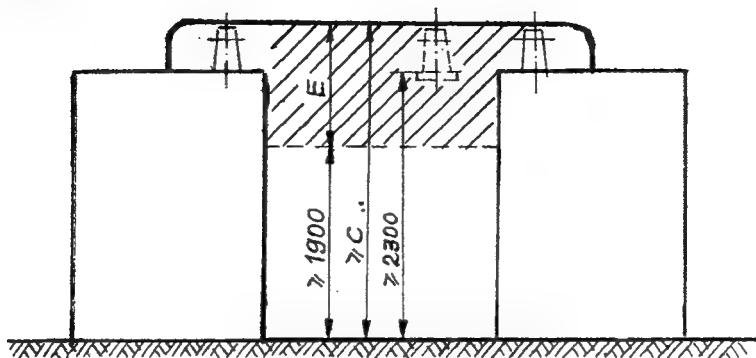


Fig. 19

— Îngrădiri verticale, pline sau din plasă (admițîndu-se și folosirea balustradelor), conform indicațiilor din figura 17 și tabelul 10. Aceste îngrădiri trebuie să interzică accesul personalului în apropierea elementelor îngrădite.

— Îngrădiri orizontale, pline sau din plasă, situate dedesubtul elementelor îngrădite, circulația personalului sub aceste îngrădiri fiind permisă (fig. 20). În acest scop, înălțimea îngrădirilor față de pardoseală (respectiv față de platforma de deservire) trebuie să fie de minimum 1900 mm. Distanța dintre îngrădiri și elementele rămase sub tensiune sau izolate

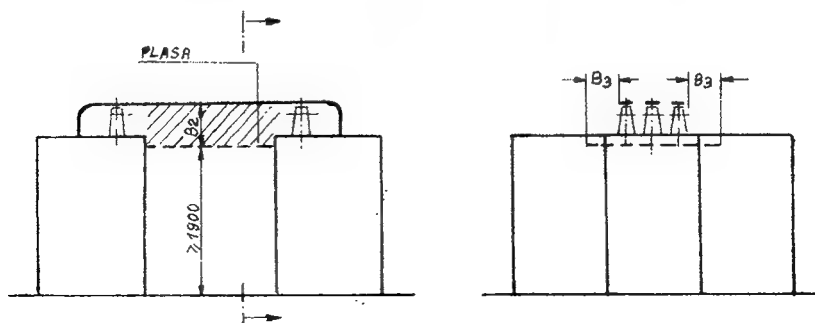


Fig. 20

față de pământ trebuie să fie cel puțin egală cu valoarea  $B_1$  sau  $B_2$  din tabelul 10 (în funcție de natura îngrădirii, conform fig. 17). Îngrădirile trebuie să depășească elementele sub tensiune sau izolate față de pământ de fiecare parte cu o distanță cel puțin egală cu valoarea  $B_3$  din tabelul 10.

**5.3.8.** Izolatoarele ale căror părți conductoare aflate sub tensiune se găsesc în condițiile indicate în art. 5.3.7. (alineatul 1) nu trebuie îngrădite dacă marginea superioară a soclurilor lor legate la pământ se află la o înălțime de cel puțin 2300 mm față de nivelul solului, respectiv a platformei de deservire (fig. 19).

**5.3.9.** Distanța dintre elementele instalațiilor interioare la care se prevede efectuarea unor lucrări de revizie-reparații și părțile vecine neîngrădite ale instalațiilor, rămase sub tensiune sau izolate față de pământ, trebuie să fie suficientă pentru a permite executarea lucrărilor în condiții de securitate, în conformitate cu normele de protecție a muncii pentru instalații electrice.

În acest scop se vor respecta indicațiile din art. 4.3.7., cu observația că valorile D și E sînt indicate în tabelul 10.

**5.3.10.** Trecherile interior-exterior ale circuitelor electrice trebuie să fie astfel realizate, încît în partea interioară să fie respectate prevederile pentru instalații interioare, iar în partea exterioară cele pentru instalații exterioare.

**5.3.11.** În cazul plecărilor aeriene din clădirile instalațiilor electrice spre zone care nu constituie spații de producție electrică de exterior, înălțimea minimă  $H$  față de sol a conductoarelor sub tensiune se va determina în conformitate cu prevederile normativului pentru construcția liniilor electrice aeriene cu tensiunea peste 1000 V.

În cazurile de mai sus, elementele aflate sub tensiune ale circuitelor exterioare respective (de exemplu, bornele izolatoarelor de trecere, bornele descărcătoarelor etc.) se pot afla la înălțimea minimă  $H$  față de sol indicată în tabelul 10. În această situație, se recomandă luarea unor măsuri suplimentare de protecție împotriva atingerilor accidentale (de exemplu, prevederea unor copertine orizontale).

**5.3.12.** În cazul executării unor lucrări cu scoaterea parțială de sub tensiune, nu trebuie să existe elemente sub ten-

siune sau elemente izolate față de pământ ale părților de instalație rămase sub tensiune care să se afle față de partea scoasă de sub tensiune la o distanță mai mică de 1,2 ori distanța de izolare A (tabelul 10). Această prevedere nu se referă la distanța constructivă a separatorului prin care s-a făcut separarea (între contactele sale deschise).

**5.3.13.** La instalațiile montate la mare altitudine, distanțele din tabelul 10 se majorează cu creșterea distanței de izolare în aer, calculată conform art. 5.2.6.

## 5.4. Coridoare și accese

**5.4.1.** Lățimea și înălțimea coridoarelor de deservire trebuie să asigure posibilitatea unei deplasări ușoare a personalului și a manipulării comode a aparatelor din instalație, precum și a executării de lucrări în apropierea tensiunii, în conformitate cu prevederile normelor de protecție a muncii pentru instalații electrice.

**5.4.2.** Lățimile minime ale coridoarelor de deservire (supraveghere sau manevră) sînt următoarele (fig. 21) :

- instalații pe o singură parte : 1 000 mm ;
- instalații pe ambele părți: 1 200 mm.

Aceste lățimi nu pot fi micșorate în nici un punct al coridorului prin dispozitive de acționare, cărucioare ale întreruptoarelor debroșabile în poziție intermediară, stâlpi ai construcției, balustrade etc.

Adoptarea unor valori mai mari se recomandă în special în următoarele cazuri :

- coridoare mai lungi de 10 m ;
- instalații cu curenți de scurtcircuit mai mari de 15 kA ;
- instalații de tip deschis.

În locurile de acces sau de trecere (unde nu se face supravegherea instalației și nu se execută manevre) se poate adopta o distanță liberă de minimum 600 mm.

**5.4.3.** Lățimea liberă a coridorului de manevră trebuie verificată astfel, încît să se asigure circulația de-a lungul lui și în cazul în care un cărucior de întreruptor debroșabil este scos



din celulă când o ușă de celulă este deschisă la 90°. În acest caz, distanța liberă de trecere nu trebuie să fie mai mică de 600 mm. Această verificare nu este obligatorie pentru coridoare cu lungimea sub 6 m, cu acces pe la ambele capete.

5.4.4. Lățimile coridoarelor de supraveghere pentru instalații de tip închis vor fi stabilite de comun acord cu fabricantul celulelor, neputînd fi însă mai mici de 700 mm.

5.4.5. În cazul celulelor de tip închis instalate în spații de producție, lățimile coridoarelor de deservire indicate mai sus se măsoară de la celule pînă la părțile cele mai proeminente ale utilajului instalat în apropierea celulelor sau pînă la îngrădiri.

5.4.6. Înălțimea liberă a coridoarelor trebuie să fie de minimum 1900 mm.

5.4.7. Instalațiile interioare trebuie prevăzute cu accese (uși) după cum urmează :

- la lungimi ale încăperii pînă la 10 m, un singur acces ;
- la lungimi ale încăperii mai mari de 10 m, cel puțin două accese astfel dispuse, încît din orice punct al coridoarelor pînă la punctele de acces, pe drumul cel mai scurt, distanța să nu depășească 30 m;

- la punctele de alimentare subterane, se admite un singur acces, atunci cînd distanța de la acesta pînă la cel mai îndepărtat punct al spațiului de deservit nu depășește 12 m, în acest caz, se recomandă însă echiparea punctului de alimentare cu celule de tip închis.

5.4.8. Accesul în încăperile instalațiilor electrice de conexiune se poate face astfel :

- din exterior ;
- dintr-o altă încăpere de producție electrică ;
- dintr-o altă încăpere de producție de categoria de pericol de incendiu D sau E, cu gradul de rezistență la foc I, II și III:

- din coridoarele anexelor social-administrative, care nu deservesc evacuarea încăperilor cu aglomerări de persoane.

5.4.9. Accesul în posturile de transformare din interiorul blocurilor de locuințe și al clădirilor publice se va face de

regulă numai din exteriorul clădirii. Se admite accesul și din subsolul sau demisolul clădirii printr-o încăperez-tampon, la care se poate renunța însă, în cazul în care se utilizează transformatoare uscate sau umplute cu lichid neinflamabil.

**5.4.10.** Fiecare cameră în care se instalează un transformator de putere cu ulei trebuie să aibă o ieșire spre exterior sau spre o încăperez cu podea, pereți și planșee rezistente la foc și care să nu conțină obiecte, aparate și produse inflamabile sau explozibile.

**5.4.11.** În instalațiile cu mai multe etaje, se admite ca accesele suplimentare să fie prevăzute spre un balcon cu scară de incendiu. Celelalte scări de acces normal trebuie să asigure o deservire comodă a instalației.

**5.4.12.** Ușile de acces în încăperile instalațiilor electrice vor fi realizate din materiale incombustibile, fiind dimensionate numai din considerente de rezistență mecanică. Fac excepție :

— ușile de comunicație interioară spre încăperi care conțin echipamente electrice cu o cantitate de ulei mai mare de 60 kg pe cuvă, care vor avea o limită de rezistență la foc de minimum 1,5 ore ;

— ușile menționate în art. 5.1.5 pct. a, care vor avea, de asemenea, o limită de rezistență la foc de minimum 1,5 ore.

— ușile menționate în art. 6.3.2. pct. c (fig. 22 și tabelul 12), care vor avea o limită de rezistență la foc de 0,75 ore.

**5.4.13.** Ușile dintre încăperile de producție electrică și încăperile cu alte destinații sau spre exterior trebuie să se deschidă în afară, putându-se deschide fără cheie numai din interior.

Se exceptează posturile de transformare subterane și punctele de alimentare subterane, la care accesul se face prin trape. Trapele vor fi prevăzute cu grătare de protecție, care pot fi ridicate prin împingere, la ieșirea din postul sau punctul de alimentare subteran.

Ușile dintre două încăperi de producție electrică trebuie să se deschidă în ambele părți, excepție făcând ușile care separă încăperile cu instalații cu tensiunea de peste 1 000 V,

față de cele cu instalații cu tensiune pînă la 1 000 V ; în acest caz deschiderea ușilor se va face spre încăperile cu tensiunea pînă la 1 000 V.

## 5.5. Dispunerea fazelor și marcarea

**5.5.1.** Dispunerea barelor colectoare se recomandă să se facă în plan orizontal.

În cazul în care, din motive bine determinate, barele colectoare se dispun în plan vertical, se recomandă separarea fazelor între ele prin pereți plini.

**5.5.2.** În cadrul instalațiilor de tip deschis, se recomandă ca fazele să fie dispuse în aceeași ordine în toate celulele, respectiv la toate sistemele de bare colectoare. Această recomandare se referă la întreaga instalație sau cel puțin la fiecare încăpere de producție electrică în parte.

Dacă este necesară schimbarea succesiunii fazelor, aceasta se va face de preferință în punctul de trecere de la un circuit la altul, de exemplu la racordarea celulelor la barele colectoare sau la racordarea cablurilor.

**5.5.3.** Transformatoarele, sistemele și secțiile de bare colectoare, celulele, cablurile, fazele și toate părțile importante ale instalației trebuie să fie marcate cu inscripții vizibile, clare și neechivoce.

**5.5.4.** Transformatoarele se numerotează pe cît posibil în ordine și se marchează cu cifre arabe.

**5.5.5.** Sistemele de bare colectoare se marchează cu cifre arabe, iar secțiile aceluiași sistem de bare colectoare, cu litere majuscule.

**5.5.6.** Marcările celulelor trebuie să fie vizibile atît atunci cînd ușile celulei sînt închise, cît și atunci cînd ele sînt deschise.

**5.5.7.** Conductoarele de curent alternativ trifazat vor fi marcate astfel :

- faza **R** în culoare **roșie-închisă** ;
- faza **S** în culoare **galbenă** ;
- faza **T** în culoare **albastră-închisă**.

Conductoarele de curent continuu vor fi marcate astfel :

- **conductorul pozitiv** în culoare **roșie-deschisă** ;
- **conductorul negativ** în culoare **albastră-deschisă**;
- **conductorul median** (la distribuția în punte) în culoare **cenușie**.

În cazul barelor rigide, acestea vor fi vopsite în întregime (cu excepția îmbinărilor) în culoarea respectivă. În cazul conductoarelor flexibile, marcarea se va face numai în anumite puncte de fixare, vizibile.

5.5.8. Marcarea cablurilor se va face în conformitate cu normativul pentru proiectarea și construirea rețelelor de cabluri electrice.

5.5.9. Pe ușile de acces spre spațiile de producție electrică și spre încăperile tehnologice anexe, pe îngrădirile de protecție din interiorul acestor spații, precum și pe instalațiile de tip închis din spațiile de producție, trebuie să se prevadă inscripții privind destinația și indicatoare de securitate.

## 5.6. Dimensionarea construcțiilor de susținere

5.6.1. Construcțiile care servesc pentru susținerea echipamentului electric (aparataj și/sau căi de curent) se vor dimensiona în condițiile indicate în art. 4.6.1. și 4.6.2. pentru instalații exterioare, cu deosebirea că nu se va ține seama de vânt și de chiciură.

5.6.2. Sarcinile transmise de căile de curent se stabilesc conform art. 6.7.1. și 6.7.3.

5.6.3. Elementele de construcții care se găsesc în apropierea părților conducătoare de curent și care pot fi atinse de personal nu trebuie să se încălzească datorită acțiunii curentului electric la temperaturi de regulă peste  $+50^{\circ}\text{C}$ , iar cele care nu sînt accesibile atingerii personalului nu trebuie să depășească, de regulă, temperaturi peste  $+70^{\circ}\text{C}$ .



Construcțiile conținând elemente metalice situate în vecinătatea căilor de curent se vor verifica la încălzire în regim normal, când curenții pe căile de curent învecinate depășesc 1 000 A.

## **6. CONDIȚII PRIVIND INSTALAREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC**

### **6.1. Condiții generale**

**6.1.1.** Întregul echipament din instalațiile electrice trebuie să fie astfel ales, dimensionat și instalat, încît să corespundă din toate punctele de vedere condițiilor de exploatare, în toate regimurile de funcționare stabilite, instrucțiunilor de montare și utilizare ale fabricii constructoare, precum și condițiilor de mediu în care este pus să funcționeze.

**6.1.2.** Fiecare transformator și aparat trebuie să fie prevăzut cu o plăcuță indicatoare, care să cuprindă datele sale tehnice precum și un indicator de recunoaștere.

**6.1.3.** Dispoziția transformatoarelor și a aparatelor în instalațiile electrice trebuie să se prevadă în așa fel, încît să se asigure păstrarea caracteristicilor de funcționare, posibilitatea transportului, manipulării, reparării, supravegherii și revizuirii, fără pericol și de regulă fără perturbarea circuitelor vecine folosind cele mai adecvate utilaje. Fac excepție de la această ultimă condiție instalațiile electrice la care separarea de lucru se admite a se face prin scoaterea de sub tensiune a întregii instalații (de exemplu în posturi de transformare).

**6.1.4.** Celulele de distribuție pentru liniile de medie tensiune trebuie dimensionate de regulă corespunzător montării a trei transformatoare de curent.

### **6.2. Aparat de conectare**

**6.2.1.** Condițiile generale privind instalarea aparatelor sînt cele din art. 6.1.

**6.2.2.** La amplasarea aparatelor este necesar să se țină seama de efectele funcționării acestora asupra spațiului înconjurător (de reducere a izolației sau de altă natură) provocate de deconectarea scurtcircuitelor.

**6.2.3.** În interior nu vor fi montate întreruptoare cu ulei mult, iar în cazul centralelor subterane, de regulă, nici întreruptoare cu ulei puțin.

**6.2.4.** Separatoarele și contactele de legare la pământ, împreună cu dispozitivele lor de acționare, trebuie să fie astfel dispuse, încât funcționarea lor să nu se poată produce accidental (sub acțiunea vibrațiilor, presiunii vântului, greutății proprii, neetanșeității ventilelor de acționare etc.).

**6.2.5.** Este necesar să se prevadă blocaje la toate separatoarele sau contactele de legare la pământ, a căror acționare fără pericol de amorsare a arcului electric este condiționată de poziția altor aparate de conectare din instalația respectivă.

**6.2.6.** La montarea în exterior a întreruptoarelor cu ulei mult trebuie să se țină seama de prevederile din articolul 6.6.2, referitoare la transformatoarele de putere și bobinele de compensare cu ulei instalate în exterior.

**6.2.7.** La montarea în interior a întreruptoarelor cu ulei se va ține seama de prevederile de detaliu din art. 6.6.3, referitoare la transformatoarele de putere și bobinele de compensare cu ulei instalate în interior.

**6.2.8.** Fiecare dispozitiv de acționare trebuie să aibă indicată, la fața locului, poziția aparatului comandat.

**6.2.9.** Se va urmări reducerea efectelor arcului electric asupra personalului de exploatare, în cazul manevrelor greșite, prin amplasarea dispozitivelor de acționare, prin construcția celulelor, precum și prin alte măsuri constructive.

**6.2.10.** Dispozitivele de acționare ale separatoarelor, accesibile și persoanelor străine de exploatarea instalațiilor electrice trebuie să fie asigurate împotriva acționării nedorite (de exemplu prin închiderea cu lacăt prin dispozitive de acționare demontabile etc.).

**6.2.11.** Tijele de acționare ale separatoarelor cu tensiuni până la 20 kV inclusiv, montate pe stâlpi de lemn, trebuie să

fie separate prin intermediul unor izolatoare dimensionate pentru tensiunea de izolare a instalației. Partea tijei de sub izolator trebuie legată la pământ.

**6.2.12.** Elementele de comandă ale dispozitivului de acționare a unui separator pe stîlp trebuie montate astfel, încît să fie manevrabile de către o persoană aflată la nivelul solului.

### 6.3. Transformatoare de putere și măsură

#### 6.3.1. Condiții generale

a) Se vor respecta condițiile generale privind instalarea echipamentului electric din subcap. 6.1.

b) Transformatoarele pot fi montate atît în interior cît și în exterior. Construcția acestora trebuie să corespundă condițiilor de instalare respective.

c) Transformatoarele de putere cu ulei se recomandă a se monta în exterior.

Instalarea transformatoarelor de putere cu ulei în clădiri se face de regulă în cazul posturilor de transformare sau al punctelor de alimentare din mediul urban și se admite și în cazurile în care montarea în exterior este neindicată din punct de vedere tehnic, economic sau al sistematizării urbane.

d) La instalarea transformatoarelor cu ulei este necesară luarea unor măsuri speciale care sînt arătate în art. 6.6.

e) Transformatoarele trebuie instalate în așa fel, încît să fie asigurate condiții lipsite de pericol pentru supravegherea nivelului de ulei din conservator și din izolatoarele umplute cu ulei, a indicațiilor termometrelor, releelor de gaze, cît și pentru luarea probelor de ulei și pentru alte operații legate de deservirea normală a transformatoarelor.

#### 6.3.2. Montarea transformatoarelor în exterior

a) Se vor respecta condițiile generale de montare a echipamentului electric din art. 6.1. și a transformatoarelor din art. 6.3.1.

b) Distanțele de amplasare a transformatoarelor față de construcții industriale sau civile vor fi cele indicate în articolele 2.1.11., 2.1.12. și 2.1.13.

c) Distanțele minime de amplasare, față de construcțiile industriale vecine ale transformatoarelor de putere vor fi cele

Tabelul 11

◆ Distanțe minime la montarea în exterior a transformatoarelor de putere în condițiile articolului 6.3.2., pct. c

Cota	Distanța minimă, m	Semnificația distanței
a *	1,25	Între două transformatoare a căror putere, luată separat este mai mică de 63 MVA. Între transformatoare cu puteri egale sau mai mari de 63 MVA, situate la o distanță între ele mai mică de 15 m, precum și între fazele transformatoarelor cu faze separate, se va prevedea un perete despărțitor antifoc, care va depăși gabaritul transformatoarelor cu 1 m pe fiecare parte și va avea o înălțime cel puțin egală cu punctul cel mai înalt al transformatoarelor Între unitățile transformatoarelor realizate în unități separate (unitate principală și unitate de reglaj), dacă furnizorul nu impune o distanță mai mare din condiții de răcire Între transformatorul principal și transformatorul de servicii proprii, racordat la înfășurarea terțiară a transformatorului principal, dacă transformatorul de servicii proprii deservește în primul rând transformatorul principal Între un transformator și un perete despărțitor
	15	Între două transformatoare, când puterea unuia este mai mare sau egală cu 63 MVA, dacă nu se prevede perete despărțitor antifoc
b *	2	Între un transformator și limita de la care nu mai sînt necesare condiții speciale impuse elementelor clădirii (distanță măsurată pe orizontală)
c	8	Între cota capacului unui transformator și limita pentru care se iau măsuri speciale la ferestre, indicate în tabelul 12 (distanță măsurată pe verticală)
d *	0,8	Între transformator și clădire, cu respectarea condițiilor indicate în tabelul 12

\* Distanțele se măsoară de la părțile cele mai proeminente ale transformatoarelor situate la o înălțime mai mică de 1,90 m de la sol.

NOTĂ: Pentru transformatoare cu puteri pînă la 1600 kVA inclusiv:

a = 0,6 m între un transformator și un perete despărțitor;

b = 1,0 m.

**Condiții de amplasare a transformatoarelor de putere față de diferitele elemente ale construcțiilor indicate în art. 6.3.2., pct. c, în limitele distanței L (fig. 22)**

Tabelul 12

Elementul	Înălțimea la care poate fi amplasat elementul respectiv pe perețele în fața cărora se află transformatorul						
	0...h		h...h+c			> h+c	
	0,8 < d < 5 m	5 ≤ d < 10 m	0,8 < d < 5 m	5 ≤ d < 10 m	0,8 < d < 5 m	5 ≤ d < 10 m	5 ≤ d < 10 m
Fereastră permanent închisă, din sticlă armată, cu cercevele incombustibile	nu	nu	da	da	da	da	da
Fereastră din sticlă armată, cu cercevele incombustibile, cu deschiderea spre interior și cu plasă metalică cu ochiuri de 25 x 25 mm	nu	nu	nu	nu	da	da	da
Ușă incombustibilă sau greu combustibilă, rezistentă la foc 0/75 h	nu	da	nu	da	nu	da	da
Gură de ventilație pentru admisie	nu	da	nu	da	nu	da	da
Idem cu clapetă de închidere, transformatorul fiind prevăzut cu o instalație fixă de stingere a incendiilor	da	da	da	da	da	da	da
Gură de ventilație pentru refulare	da	da	nu	nu	da	da	da

**NOTĂ:**

În afara distanței L sau la o distanță  $d \geq 10$  m, nu se prescriu nici un fel de condiții speciale pentru elementele clădirii.

indicate în figura 22 și tabelele 11 și 12, dacă sînt îndeplinite condițiile indicate în articolul 2.1.12. a, și anume :

— construcțiile industriale vecine sînt de gradul I, II sau III rezistență la foc și au categoria de pericol de incendiu C, D sau E ;

— transformatoarele deservesc direct aceste construcții industriale vecine.

d) De-a lungul tuturor transformatoarelor de putere trebuie să existe o cale de acces conform indicațiilor din articolul 4.4.2.

e) Transformatoarele de putere se vopsesc de regulă în culori deschise pentru a micșora încălzirea lor datorită radiațiilor solare.

f) Transformatoarele de putere montate în posturi pe stâlpi trebuie să fie la o înălțime de cel puțin 4, 5 m măsurată de la pămînt pînă la elementele neizolate care sînt în mod normal sub tensiune. Pentru deservirea postului pe stîlp trebuie prevăzută o platformă cu balustradă, la o înălțime de cel puțin 3,5 m ; la posturile așezate pe un singur stîlp construcția platformelor nu este obligatorie.

g) În posturile de transformare pe stâlpi se va monta un singur transformator de putere, a cărui putere nu va depăși de regulă 250 kVA. În cazuri justificate prin concentrări mari de putere, ca de exemplu la unele posturi de abonat, se admite montarea unui transformator de 400 kVA pe doi stâlpi.

### **6.3.3. Montarea transformatoarelor în interior**

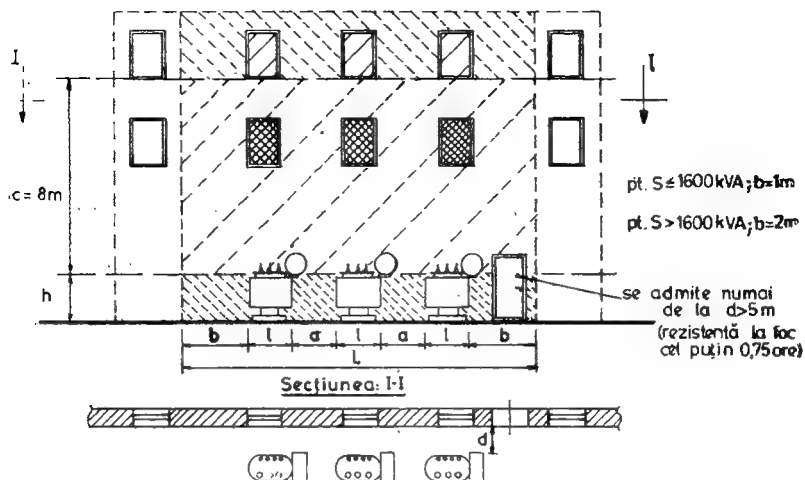
a) Se vor respecta condițiile generale privind montarea echipamentului din art. 6.1. și privind montarea transformatoarelor din articolul 6.3.1.

b) Transformatoarele de măsură vor fi prevăzute pe cît posibil cu izolație uscată, cu fluide incombustibile sau cu o cantitate redusă de ulei.

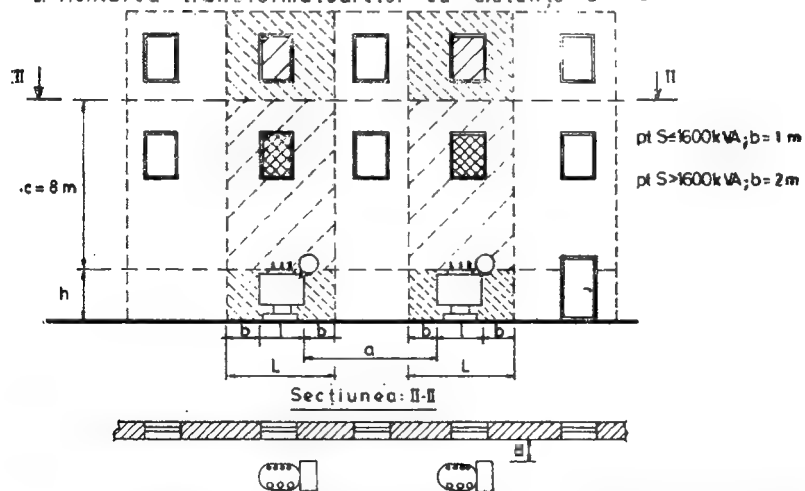
c) În cazurile în care este necesar să se monteze transformatoare de putere la etaje superioare, acestea vor fi de regulă cu izolație neinflamabilă sau uscată.

Se admite montarea transformatoarelor de putere cu ulei pînă la 1 000 kVA inclusiv la etajul I, cu condiția asigurării

# 1. Montarea transformatoarelor cu distanța $a \leq 2b$



# 2. Montarea transformatoarelor cu distanța $a > 2b$



Legendă: fereastră obișnuită fereastră din sticlă armată și cercevele permanente fereastră cu deschidere spre interior, cu placă metalică (obișnuit max. 25 x 25 mm)

Fig. 22. Instalarea în exterior a transformatoarelor de putere cu ulei, în condițiile art. 6.3.2., pct. c.

## NOTA:

Se admite deschiderea acestor ferestre spre interior, dacă transformatoarele sunt prevăzute cu instalații fixe de stingere a incendiilor și dacă se prevede posibilitatea închiderii lor manuale la semnalizarea apariției unui incendiu la transformator.

posibilității de transport a acestora numai prin exteriorul clădirii, a colectării a 25% din cantitatea de ulei și a evacuării întregii cantități de ulei în caz de avarie.

d) Transformatoarele de putere nu trebuie să fie instalate sub încăperi cu proces tehnologic umed (spălătorii, vane, dușuri, closete etc.). Excepție fac cazurile în care se iau măsuri speciale de izolare împotriva pătrunderii umezelii (planșee din beton armat monolit cu izolație hidrofugă corespunzătoare etc.).

e) Fiecare transformator de putere cu ulei va fi instalat într-o cameră separată, construită din materiale incombustibile. Se admite instalarea în aceeași cameră a două transformatoare cu ulei cu puteri pînă la 1 000 kVA fiecare, avînd aceeași destinație. Grupurile trifazice de trei transformatoare monofazice se pot instala în aceeași cameră, indiferent de cantitatea de ulei.

f) În clădirile cu categoria de pericol de incendiu D sau E și de gradul I sau II de rezistență la foc, se admite să se amplaseze grupe de transformatoare de putere libere în hale sau pe acoperișul halelor cu următoarele condiții :

— Să deservească în exclusivitate procesul tehnologic din hala respectivă sau procesele tehnologice auxiliare acesteia. În nici un caz nu se admite alimentarea pompelor de incendiu de la aceste transformatoare.

— Celulele de medie și joasă tensiune precum și legăturile cu transformatorul să fie de tip închis.

— Cantitatea maximă de ulei dintr-o grupă, indiferent de numărul de transformatoare, să nu depășească cca. 3 000 kg (se admite amplasarea mai multor asemenea grupe în aceeași hală, dacă distanța dintre ele nu este mai mică de 20 m sau dacă sînt amplasate în încăperi zidite separat ; în cazul în care se amplasează mai multe grupe, cantitatea maximă de ulei din toate grupele nu trebuie să depășească 10 000 kg în total). În cazul transformatoarelor legate tehnologic direct de utilajul alimentat (de exemplu, transformatoarele cuptoarelor electrice și ale electrofiltrelor), nu se limitează cantitatea de ulei.

— Să se prevadă colectarea uleiului conform art. 6.6.3. sub fiecare grupă de transformatoare în parte, indiferent de cantitatea de ulei.

În general se recomandă să se utilizeze aparate cu cantități reduse de ulei.



În clădirile cu categoria de pericol de incendiu D sau E de gradul III de rezistență la foc, se admite amplasarea grupelor de transformatoare de putere în interiorul halelor, cu respectarea condițiilor de mai sus și, în plus, cu condiția ca protejarea acestora să se facă prin cabine înzidite.

g) Se admite instalarea a două transformatoare de putere cu ulei cu o putere totală pînă la 1 260 kVA inclusiv, în încăperi comune cu instalațiile de distribuție de cel mai simplu tip, de înaltă și joasă tensiune (de exemplu, puncte de alimentare din rețelele urbane și posturi de transformare). Această prevedere nu se aplică în cazul în care din instalația respectivă se alimentează pompe de incendiu care nu mai au și altă alimentare de la o sursă independentă.

h) Se permite instalarea în camera transformatoarelor de putere a separatoarelor, siguranțelor sau separatoarelor de sarcină, transformatoarelor de măsură, descărcătoarelor și întrepruptoarelor aferente transformatoarelor respective, cu respectarea condițiilor din prezentul normativ privind montarea aparatelor de înaltă tensiune. Comanda întrepruptoarelor se va asigura eventual și din afara încăperilor transformatoarelor.

i) În toate cazurile de montare a mai multor transformatoare de putere în încăpere comună, se vor lua măsuri, de regulă pentru a se asigura accesul și manipularea la un transformator cînd celălalt este sub tensiune, cu rezerva menționată la articolul 6.1.3.

j) Distanțele dintre punctul cel mai proeminent al unui transformator de putere și pereții și ușile camerei trebuie să fie cel puțin egale cu valorile din tabelul 13. Excepție fac :

— transformatoarele în posturi prefabricate la care nu este prevăzut accesul persoanelor în compartimentul transformatoarelor, pentru care se vor respecta prevederile din articolul 5.2.7 ;

— transformatoarele cu puteri pînă la 630 kVA inclusiv, amplasate în posturi de transformare în aceeași încăpere cu instalațiile de distribuție aferente pentru care distanțele față de pereții laterali și față de peretele din spate nu se normează, cu condiția realizării ventilației necesare în conformitate cu articolul 6.3.3. pct. k.

Tabelul 13

**Distanțele minime de la transformatoarele de putere pînă la pereții  
și ușile camerelor**

Nr. crt.	Distanța de la cuvă, m *	Puterea transformatorului, kVA		
		< 400	400—1000	> 1000
1	Pînă la pereți	0,3	0,5	0,6
2	Pînă la uși	0,6	0,8	1

\* Vezi și articolul 5.1.24.

**NOTĂ:**

Distanțele se măsoară de la părțile cele mai proeminente ale transformatoarelor, inclusiv accesoriile lor situate pînă la o înălțime de 1,9 m de la pardoseală la transformatoare pînă la 1 600 kVA inclusiv și indiferent de înălțime la puteri mai mari.

k) În încăperile în care se instalează transformatoare de putere trebuie să se prevadă un sistem de ventilație care să asigure funcționarea transformatorului la sarcina nominală la o diferență de maximum 15°C între temperatura aerului la intrare și la ieșire.

l) Sistemul de ventilație al transformatoarelor de putere trebuie să fie independent de alte sisteme de ventilație. Spre exterior orificiile de ventilație trebuie să fie închise cu jaluzele și plase metalice cu ochiuri de maximum  $8 \times 8$  mm și să fie plasate la cel puțin 0,25 m de la sol.

m) Dacă deasupra orificiilor de ventilație sau a ușilor camerelor de transformator cu ieșire în exterior există o fereastră la un alt etaj, atunci pe întreaga lățime a camerei de transformator trebuie să se prevadă o copertină rezistentă la foc, de 700 mm lățime.

n) În cazul centralelor electrice subterane se prevăd următoarele :

— la transformatoarele mari, cu ulei în cantitate mai mare de 20 t pe unitate, pentru a ușura operațiile de umplere, golire, transport și revizii, se va prevedea o încăpere pentru un rezervor de ulei curat, cu un volum cu 100% mai mare decît volumul de ulei din transformatorul cel mai mare ;

— în cazul existenței unei instalații de ventilație mecanică, se interzice recircularea aerului din boxele transformatoarelor în alte încăperi tehnologice; curentul de aer trebuie să fie evacuat în exteriorul centralei.

## 6.4. Bobine

**6.4.1.** Pentru alegerea, dimensionarea și instalarea bobinelor se vor aplica prevederile indicate la par. 6.1.

**6.4.2.** În cazul bobinelor cu ulei este necesar să se respecte prevederile din articolele 6.3.1., 6.3.2. (alineatele a, b, c, d) și 6.3.3. (cu excepția alineatelor b și c), cu observația că termenul „transformatoare” se înlocuiește cu „bobine cu ulei”, iar puterea transformatoarelor cu „cantitatea de ulei care corespunde celei din transformatoarele cu puterea respectivă, din fabricația curentă din țară”.

**6.4.3.** În exterior, între bobinele cu ulei pentru compensarea rețelilor de 400 kV sau între bobinele de stingere trebuie prevăzuți pereți despărțitori antifoc, care vor depăși gabaritul bobinei cu 1 m pe fiecare parte și vor avea înălțimea cel puțin egală cu înălțimea bobinei.

**6.4.4.** Bobinele cu ulei în instalațiile de interior trebuie să fie montate în cabine separate, iar bobinele uscate în aer (de exemplu, grupul trifazat al unei bobine pentru limitarea curenților de scurtcircuit) trebuie montate, de regulă, în camere sau celule separate.

**6.4.5.** Camerele bobinelor uscate trebuie să fie prevăzute cu un sistem de ventilație naturală organizată, care se dimensionează în funcție de datele impuse de fabrica furnizoare.

În cazul în care nu se poate aplica ventilația naturală organizată se va recurge la ventilația mecanică, supravegheată prin aparate de semnalizare.

Sistemul de ventilație a bobinelor uscate poate fi comun pentru mai multe bobine, dar independent de alte sisteme de ventilație mecanică. Orificiile de ventilație spre exterior trebuie să fie închise cu jaluzele și plase metalice cu ochiuri de maximum  $8 \times 8$  mm și plasate la cel puțin 0,25 m de la sol.

**6.4.6.** Bobinele uscate pentru limitarea curenților de scurtcircuit trebuie să fie montate în conformitate cu prescripțiile fabricii constructoare, ținând seama de efectul cîmpului magnetic al bobinei.

**6.4.7.** În camerele bobinelor uscate (în aer), pentru limitarea curenților de scurtcircuit, se va prevedea posibilitatea instalării dispozitivelor pentru manipularea fazelor bobinei.

**6.4.8.** Se admite ca scoaterea bobinei din camerele respective să se facă și prin demontarea (demolarea) pereților camerelor în care sînt instalate.

## **6.5. Descărcătoare**

**6.5.1.** Pentru alegerea, dimensionarea și instalarea descărcătoarelor se vor aplica prevederile din art. 6.1.

**6.5.2.** Descărcătoarele din instalațiile electrice trebuie să fie astfel dispuse, încît funcționarea lor normală (inclusiv evacuarea gazelor din descărcătoarele tubulare sau funcționarea membranei de suprapresiune la cele cu rezistență variabilă) să nu pericliteze personalul de deservire.

Această condiție se consideră satisfăcută dacă aparatele sînt montate în conformitate cu instrucțiunile fabricii furnizoare.

**6.5.3.** În cazul montării descărcătoarelor în instalații de tip interior, în apropierea altor aparate, cînd acestea din urmă pot fi afectate de funcționarea descărcătoarelor, din cauza distanțelor reduse, este necesar să se monteze pereți de protecție între descărcătoare și celelalte aparate.

## **6.6. Condiții speciale privind instalarea echipamentului cu ulei**

### **6.6.1. Generalități**

a) La instalarea echipamentului care conține ulei, este necesar să se ia măsuri pentru apărarea calității resurselor de

apă de suprafață și subterane împotriva impurificării prin scurgeri de ulei, atât în situații de exploatare normală cât și în caz de incident sau accident.

În același timp, se vor lua măsuri pentru evitarea dezvoltării și extinderii incendiilor prin răspîndirea uleiului aprins.

b) Se consideră că sînt îndeplinite condițiile de mai sus, dacă instalarea echipamentului se face cu respectarea măsurilor indicate în continuare.

**6.6.2. Transformatoare de putere și bobine de compensare cu ulei instalate în exterior**

a) În cazul transformatoarelor de putere și al bobinelor de compensare cu o cantitate de ulei pînă la circa 1 000 kg este suficientă prevederea sub aceste aparate a unor praguri cu o înălțime de cel puțin 50 mm deasupra nivelului solului, care să rețină mici scurgeri de ulei.

Această prevedere nu se referă la posturile de transformare pe stîlpi, la care nu se prevăd amenajări pentru colectarea uleiului.

b) În cazul transformatoarelor de putere și al bobinelor de compensare cu o cantitate de ulei cuprinsă între limitele de circa 1 000—20 000 kg, este necesară prevederea unei cuve de colectare a uleiului, de regulă din material care să împiedice scurgerea uleiului în pămînt (de exemplu, din beton), ale cărei dimensiuni în plan orizontal vor depăși gabaritele părților conținînd ulei ale echipamentului, de fiecare parte cu cel puțin 0,6 m, la o cantitate de ulei pînă la circa 2 000 kg, și cu cel puțin 1 m, la o cantitate de ulei mai mare.

Cuva va avea praguri de cel puțin 50 mm înălțime deasupra solului, iar pînă la înălțimea solului va fi umplută cu piatră spartă curată (neamestecată cu pămînt), pe cît posibil rotundă, avînd diametrul de 60—80 mm (la care se consideră că volumul golurilor reprezintă 1/5 din volumul total ocupat de piatră spartă).

Volumul cuvei trebuie să permită reținerea în golurile dintre bucățile de piatră spartă a cel puțin 1/10 din cantitatea totală de ulei a echipamentului.

Într-un colț al cuvei se va prevedea o amenajare, permițînd introducerea pînă la fundul cuvei a sorbului unei pompe, în scopul evacuării apei de ploaie și a uleiului. În același scop, fundul cuvei va avea o pantă corespunzătoare de circa 2‰.

Prevederile de mai sus, cu excepția celor de la aliniatul 1, nu se referă la transformatoarele din centralele electrice, la care vor fi respectate indicațiile de la pct. următor.

c) În cazul transformatoarelor de putere și al bobinelor de compensare cu o cantitate de ulei mai mare de circa 20 000 kg, precum și în cazul transformatoarelor din centralele electrice, este necesară prevederea unei cuve de colectare a uleiului, de regulă, din material care să împiedice scurgerea uleiului în pământ (de exemplu, din beton), ale cărei dimensiuni în plan orizontal vor depăși gabaritele părților conținând ulei ale echipamentului cu cel puțin 1 m de fiecare parte.

Cuva va avea praguri de cel puțin 50 mm înălțime deasupra solului. În partea superioară a cuvei se va prevedea un strat de piatră spartă de circa 200 mm grosime, dispus pe un grătar, de regulă metalic.

În volumul liber al cuvei, considerat de la circa 50 mm sub nivelul grătarului pînă la fund, trebuie să poată fi reținută întreaga cantitate de ulei a echipamentului.

Într-un colț al cuvei se va prevedea o amenajare, permițînd introducerea pînă la fundul cuvei a sorbului unei pompe, în scopul evacuării apei de ploaie și a uleiului. În același scop, fundul cuvei va avea o pantă corespunzătoare de circa 20‰.

În cazul mai multor transformatoare sau bobine de compensare cu ulei se admite colectarea uleiului într-un colector comun în următoarele condiții :

— Colectorul comun trebuie să fie construit, de regulă, din material etanș la ulei (de exemplu din beton) și complet închis (cu capac de vizitare) pentru a asigura stingerea de la sine a uleiului aprins. El trebuie să poată cuprinde cel puțin 75‰ din cantitatea cea mai mare de ulei conținută într-un transformator sau într-o bobină de compensare.

— Sub fiecare transformator sau bobină de compensare este necesar să se prevadă o cuvă de colectare a uleiului, realizată după indicațiile de mai sus, care să rețină cel puțin 25‰ din cantitatea de ulei a echipamentului respectiv, urmînd ca numai uleiul ce depășește această cantitate să se scurgă în colectorul comun.

— Legătura dintre cuvele individuale și colectorul comun trebuie să se facă cu conducte avînd un diametru de minimum

200 mm, capetele acestora dinspre cuvele individuale fiind prevăzute cu grătare de protecție, iar panta canalizării fiind de minimum 2‰.

În locul collectorului comun se admite ca evacuarea uleiului din transformatorul sau bobina avariata să se facă atît în cuva respectivă, cît și în cuvele celorlalte transformatoare sau bobine. Capacitatea de reținere a fiecărei cuve va fi de minimum 25‰ din cantitatea de ulei a echipamentului respectiv, iar suma capacităților de reținere a tuturor cuvelor individuale, inclusiv a canalizărilor, va fi cel puțin egală cu cea mai mare cantitate de ulei conținută într-o singură unitate de echipament. Cuvele individuale vor fi legate între ele cu conducte avînd un diametru de minimum 200 mm.

#### 6.6.3. Transformatoare și aparate cu ulei montate în interior

În funcție de cantitatea de ulei conținută în transformatoarele și aparatele cu ulei instalate în interiorul clădirilor se vor lua următoarele măsuri :

a) La cantități de ulei în aceeași cuvă pînă la 600 kg este suficient să se prevadă numai un prag din material rezistent la foc, care trebuie să rețină întreaga cantitate de ulei din cuvă. Reținerea prin prag va putea fi adoptată și pentru transformatoarele de putere din posturile de transformare din rețelele de distribuție urbană sau rurală dacă puterea unitară a transformatoarelor nu depășește 1 000 kVA, indiferent de cantitatea de ulei conținută în cuvă. În acest caz se admite ca pragul să fie dimensionat pentru a reține în cadrul postului întreaga cantitate de ulei din cel mai mare transformator.

Cînd soluția de mai sus nu poate fi aplicată, precum și la posturile înglobate în construcție edilitară se admite folosirea soluției indicate la pct. b următor.

b) La cantități de ulei de peste 600 kg în aceeași cuvă, cu excepția celor din alineatul precedent, se va prevedea subtransformator sau sub aparat un colector pentru reținerea întregii cantități de ulei. Se admite ca acest colector să rețină numai o parte din ulei, dar nu mai puțin de 20‰ din volumul total de ulei ; în acest caz se va asigura evacuarea uleiului din colector într-un rezervor dimensionat pentru întreaga cantitate de ulei din cel mai mare transformator.

Sistemul de evacuare a uleiului va fi realizat din țevi cu un diametru minim de 200 mm, cu grătare de protecție.

Colectorul de ulei de sub transformator sau de sub aparat se acoperă cu un grătar metalic, pe care se așază un strat de piatră spartă, cu o înălțime de 20 cm ; mărimea pietrelor va fi cuprinsă între 40 și 60 mm.

La pierderea întregii cantități de ulei din transformator sau din aparat, nivelul uleiului în colector trebuie să se găsească la minimum 50 mm sub grătar. În cazul transformatoarelor nivelul superior al stratului de piatră trebuie să fie cu 75 mm sub deschiderea canalului de aducțiune a aerului de ventilare. Fundul colectorului trebuie să fie prevăzut cu o pantă de 2‰, spre un cămin cu dimensiunile minime de  $200 \times 200 \times 200$  mm, și cu o țevă pînă la nivelul pardoselii, care să permită introducerea sorbului pompei de absorbție a uleiului.

Suprafața colectorului trebuie să fie cel puțin egală cu gabaritul orizontal al transformatorului sau aparatului.

La transformatoarele montate în instalații de interior cu personal permanent și prevăzute cu semnalizatoare de incendiu și instalații fixe de stingere, nu este obligatorie prevederea stingătorului de flacără din strat de pietriș, asigurîndu-se însă o suprafață de evacuare a uleiului de minimum 0,1 m<sup>2</sup>.

c) Se vor lua măsuri în vederea împiedicării scurgerii uleiului în canalele de cabluri.

d) În cazul instalării transformatoarelor cu ulei la etajul I, se vor lua măsuri în vederea împiedicării scurgerii uleiului în alte instalații aflate la nivelul inferior.

## **6.7. Căi de curent**

### **6.7.1. Condiții generale**

a) Pentru căile de curent din instalațiile de înaltă tensiune se vor folosi, de regulă, conductoare flexibile sau rigide de aluminiu, aliaje de aluminiu, oțel-aluminiu sau oțel. Folosirea conductoarelor de cupru se admite numai pe bază de justificări tehnico-economice.

b) Conductoarele neizolate se recomandă a se utiliza ori de cîte ori acest lucru este posibil din punct de vedere tehnic și avantajos din punct de vedere economic.



c) Pentru legături importante de mare intensitate, pot fi prevăzute conductoare neizolate rigide, în construcție capsulată, în vederea protejării legăturilor împotriva diversilor agenți externi, a reducerii riscurilor de scurtcircuit, a diminuării eforturilor mecanice corespunzătoare, a eliminării pericolului atingerilor accidentale.

d) Dimensionarea conductoarelor neizolate se va face în conformitate cu instrucțiunile de proiectare departamentale corespunzătoare, ținându-se seama de următoarele elemente: curentul admisibil de durată, stabilitatea termică la scurtcircuit, eforturile mecanice în diverse condiții de mediu, inclusiv în situația unui scurtcircuit, efectul corona (la tensiuni nominale de 60 kV și mai mari).

e) Temperatura maximă de regim a conductoarelor neizolate nu trebuie să depășească, de regulă,  $+70^{\circ}\text{C}$ . Temperaturi mai mari se admit numai cu condiția să fie evitat pericolul deteriorării contactelor și al scăderii inadmisibile a rezistenței mecanice.

f) Alegerea cablurilor se va face în conformitate cu normativele și instrucțiunile de proiectare departamentale corespunzătoare, precum și cu indicațiile întreprinderii constructoare a cablurilor, ținându-se seama de următoarele elemente: tensiunea și frecvența nominală a rețelei, condițiile de legare la pământ a neutrlui rețelei, condițiile de mediu, modul de așezare, lungimea traseului, curentul de durată și regimul suprasarcinilor temporare, stabilitatea termică și dinamică la scurtcircuit, supratensiunile care pot să apară, pericolul de incendiu și de explozie.

g) La montarea conductoarelor rigide se vor lua măsurile necesare, care să permită dilatarea conductoarelor și preluarea vibrațiilor produse de manevrarea aparatelor de conectare.

h) Îmbinările și contactele căilor de curent vor asigura posibilitatea de trecere a curentului electric corespunzător secțiunii curente, rezistența mecanică necesară și păstrarea în timp a calităților mecanice și electrice ale contactelor.

i) Îmbinarea conductoarelor se poate face cu șuruburi sau prin sudură. Îmbinarea prin lipire nu se admite.

j) În scopul supravegherii temperaturii îmbinărilor la conductoarele rigide ale căilor de curent pentru intensități mari, se recomandă vopsirea îmbinărilor cu vopsea care își schimbă culoarea în funcție de temperatură.

k) În instalațiile cu tensiuni nominale de 60 kV sau mai mari, armăturile și diversele piese auxiliare ale căilor de curent vor avea astfel de forme, încît să fie evitată apariția descărcărilor corona.

l) În cazul folosirii scurtcircuitoarelor mobile, în vederea fixării acestora trebuie să se prevadă pe conductoare locuri neizolate (nevopsite), cu suprafețe de contact corespunzătoare.

De asemenea, pentru legarea la pămînt a scurtcircuitoarelor mobile trebuie să se prevadă borne speciale în instalația de legare la pămînt, cu suprafețe de contact și secțiuni corespunzătoare pentru trecerea curenților de punere la pămînt și de scurtcircuit. La amplasarea bornelor de legare la pămînt se va ține seama de lungimile uzuale ale scurtcircuitoarelor mobile.

m) Pentru susținerea conductoarelor neizolate se vor folosi izolatoare alese în funcție de condițiile electrice care se impun și de solicitările mecanice transmise de conductoare.

n) Armăturile izolatoarelor trebuie să fie astfel constituite, încît temperatura lor să nu depășească  $+70^{\circ}\text{C}$  datorită curențului maxim de durată al căii de curent.

o) La tensiuni nominale de 110 kV și mai mari, lanțurile de izolatoare de suspensie vor fi prevăzute cu armături de protecție.

### **6.7.2. Căi de curent pentru instalații exterioare**

a) Condițiile generale pentru căile de curent sînt arătate în art. 6.7.1.

b) Căile de curent se vor executa de regulă din conductoare neizolate, flexibile sau rigide. Se admite utilizarea cablurilor numai în cazul dificultăților de folosire a conductoarelor neizolate (traseu dificil, mediu agresiv) (vezi și art. 2.1.9.).

c) Calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile se va face luînd în considerare greutatea proprie a conductoarelor, a lanțurilor de izolatoare, a derivațiilor și a altor elemente din deschidere, precum și sarcinile datorate chiciurii, vîntului și forțelor electrodinamice produse de curenții de scurtcircuit.

Calculul trebuie efectuat pentru situațiile (stările) din tabelul 14.

Valorile de calcul ale temperaturii aerului, vitezei vîntului și grosimii stratului de chiciură sînt cele indicate în cap. 3

Tabelul 14

**Stările pentru calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile  
din instalațiile exterioare**

Starea	Temperatura conductorului	Viteza vântului	Chiclură	Scurtcircuit
I	—30°C	—	—	—
II	—5°C	$V_{max.}$	—	—
III	—5°C	$V_c$	da	—
IV	+70°C	—	—	—
V	—5°C	$V_c$	da	maxim

**NOTĂ:**

Valorile  $V_{max.}$  și  $V_c$  sînt indicate în tabelul 7.

(tab. 6 și 7) și anexa I. În anumite zone cu caracter local, în care se constată condiții climatice mai grele decît cele indicate în tabelele 6 și 7 se pot adopta în calcul valorile cele mai defavorabile, care apar cel puțin o dată la 10 ani pentru instalațiile cu tensiunea nominală pînă la 110 kV inclusiv, respectiv cel puțin o dată la 15 ani pentru cele cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV. Adoptarea acestor valori va fi justificată prin date statistice.

d) În cazul conductoarelor flexibile fasciculare, trebuie să fie luate în considerare și eforturile suplimentare care apar ca urmare a atracției dintre conductoarele aceleiași faze.

e) Izolatoarele pentru susținerea căilor de curent din medii poluate se vor alege cu respectarea măsurilor prevăzute în prescripțiile de proiectare a instalațiilor electrice din zone poluate.

f) Coeficientul de siguranță mecanică al conductoarelor flexibile și al armăturilor de legătură trebuie să fie cel puțin 4 la stările I—IV și cel puțin 2 la starea V, în raport cu efortul specific de rupere.

g) Coeficientul de siguranță mecanică al izolatoarelor trebuie să fie cel puțin egal cu valoarea corespunzătoare indicată în tabelul 15.

Tabelul 15

**Condiții de verificare la eforturi mecanice a izolatoarelor  
din instalațiile exterioare și interioare**

Starea (situație)	Coeficientul de siguranță mecanică		
	Izolatoare de suspensie		Izolatoare suport și de trecere
	Străpungibile (tip capă și tijă)	Nestrăpungibile (tip tijă sau cu inimă plină)	
I—IV (toate situațiile afară de scurt- circuit)	4 (față de sarcina de distrugere electro- mecanică)	4 (față de sarcina mecanică de încercare individuală)  5,6 * (față de sarcina medie de rupere)	2,5 (față de sarcina minimă de rupere)
V, V' (scurtcircuit)	2 (față de sarcina de distrugere electro- mecanică)	2 (față de sarcina mecanică de încercare individuală)  2,8 * (față de sarcina medie de rupere)	1,25 (față de sarcina minimă de rupere)

\* Numai dacă nu este precizată sarcina mecanică de încercare individuală.

### 6.7.3. Căi de curent pentru instalații interioare

a) Condițiile generale pentru căile de curent sînt arătate în art. 6.7.1.

b) Calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile se va face luînd în considerare greutatea proprie a conductoarelor, a lanțurilor de izolatoare, a derivațiilor și a altor elemente din deschidere, precum și forțele electrodinamice produse de curenții de scurtcircuit.

Calculul trebuie efectuat pentru situațiile (stările) din tabelul 16.

c) În cazul conductoarelor flexibile fasciculare, trebuie luate în considerare și eforturile suplimentare care apar ca urmare a atracției dintre conductoarele aceleiași faze.

d) Coeficientul de siguranță mecanică al conductoarelor flexibile și al armăturilor de legătură trebuie să fie cel puțin 4 la stările I și IV și cel puțin 2 la starea V'; în raport cu efortul specific de rupere.

Tabelul 16

**Stările pentru calculul mecanic al conductoarelor neizolate flexibile  
din instalațiile interioare**

Starea	Temperatura conductorului	Scurtcircuit
I	—5°C	—
IV	+70°C	—
V	—5°C	maxim

e) Coeficientul de siguranță mecanică al izolatoarelor trebuie să fie cel puțin egal cu valoarea corespunzătoare indicată în tabelul 15.

## 6.8. Instalații de stingere a incendiilor la transformatoare

**6.8.1.** Se vor prevedea instalații fixe cu apă pulverizată pentru stingerea incendiilor la următoarele categorii de transformatoare și autotransformatoare cu ulei :

— transformatoare cu putere unitară peste 40 MVA, instalate în clădiri supraterane ;

— transformatoare de putere și bobine în ulei montate în centrele electrice subterane, indiferent de putere ;

— transformatoare montate în CET ale blocurilor cu puteri unitare de 50 MW și mai mari și cele montate în CTE ale blocurilor cu puteri mai mari de 50 MW, inclusiv cele de servicii proprii aferente și cele de servicii generale aflate la distanțe mai mici de 15 m față de acestea sau la distanțe mai mici de 10 m față de clădirea principală ;

— transformatoare și autotransformatoare cu tensiunea nominală egală sau mai mare de 400 kV și cu puteri nominale trifazate de 200 MVA sau mai mari, aparținând stațiilor electrice și fiind instalate în aer liber, dacă stația respectivă cuprinde cel puțin două unități în situația de mai sus ; unitățile de reglaj al tensiunii, când sînt realizate în cuve separate, nu vor fi considerate unități distincte.

## 7. DIVERSE INSTALAȚII ȘI AMENAJĂRI

◆ **7.1.** Instalațiile electrice trebuie să fie prevăzute cu iluminat electric în conformitate cu prevederile prescripțiilor : PE 022, I 7 și PE 136.

În cazul în care părți din instalația de iluminat se găsesc în apropierea instalațiilor electrice de înaltă tensiune, se vor respecta prevederile din subcap. 4.2., 4.3., 5.2. și 5.3., referitoare la distanțele față de instalațiile de înaltă tensiune.

Corpurile de iluminat vor fi astfel montate, încât să se obțină securitatea deservirii lor de către personalul instruit (înlocuirea lămpilor etc.). În cazul corpurilor de iluminat a căror deservire se face numai după rebatere, este necesar ca în poziție normală și în timpul rebaterii să fie respectate indicațiile din art. 4.2.6. și 5.2.3., iar în timpul executării unor lucrări la aceste corpuri de iluminat trebuie să fie respectate indicațiile din art. 4.3.7. și 5.3.9.

Lucrările la corpurile de iluminat ce se execută în cadrul zonelor de circulație din instalațiile exterioare până la înălțimea de 2,50 m deasupra solului, precum și în cadrul zonelor de circulație din instalațiile interioare, până la înălțimea de 2,30 m deasupra pardoselii, nu necesită măsuri de protecție speciale.

**7.2.** Se interzice montarea liniilor aeriene de iluminat, de telecomunicații sau de semnalizare deasupra și sub părțile aflate sub tensiune ale instalațiilor.

**7.3.** În instalațiile electrice cu personal permanent sau în cazul în care există clădiri de locuit pentru personalul de exploatare este necesar să se asigure alimentarea cu apă de băut, prin racordarea la o conductă de apă sau prin construirea unor fântâni.

**7.4.** În instalațiile electrice având personal permanent de exploatare și racord la o conductă de apă se vor prevedea de regulă closete cu apă și canalizare. În lipsa unor conducte de canalizare, se vor amenaja canalizări locale cu decantoare sau filtre.

Pentru instalațiile fără personal permanent de exploatare se admit closețe cu gropi de vidanjarie (fose septice).

**7.5. Instalațiile electrice trebuie prevăzute cu :**

a) O cantitate suficientă de scurtcircuitoare mobile, stabilită în raport cu mărimea instalațiilor respective.

b) Mijloace de protecție în conformitate cu prevederile din normele de protecție a muncii.

c) Mijloace mobile și fixe pentru stingerea incendiilor (lăzi cu nisip, găleți, lopeți, tîrnăcoape etc.) instalate conform normelor P.S.I. pe ramura energiei electrice și termice.

Dotările de mai sus nu se referă la posturile de transformare, întrucît în aceste cazuri sînt dotate corespunzător echipelor de întreținere sau intervenție.

**7.6. În instalațiile subterane (cu excepția posturilor de transformare) semnalizarea pătrunderii apei în instalație se va conecta la sistemul de semnalizare generală a diverselor avarii ce pot apărea în instalația respectivă. .**

Fig. 23



<b>MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE</b>	<b>Normativ pentru proiectarea instalațiilor de conexiuni și distribuție cu tensiuni până la 1 000 V c.a. în unitățile ener- getice</b>	<b>PE 102/69</b>																																
		<b>Grupa 1 Electroener- getică</b>																																
<div>C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td><u>Pag.</u></td></tr><tr><td>1. Generalități . . .</td><td>93</td></tr><tr><td>    1.1. Domeniul de aplicare .</td><td>93</td></tr><tr><td>    1.2. Definiții . . . . .</td><td>94</td></tr><tr><td>2. Amplasarea instalațiilor electrice .</td><td>97</td></tr><tr><td>3. Scheme de conexiuni . . . . .</td><td>100</td></tr><tr><td>4. Condiții privind instalarea echipamentului electric .</td><td>101</td></tr><tr><td>    4.1. Condiții generale . . . . .</td><td>101</td></tr><tr><td>    4.2. Distanțe de izolare în aer, de conturnare și de protecție</td><td>102</td></tr><tr><td>    4.3. Coridoare și accese . . . . .</td><td>102</td></tr><tr><td>    4.4. Tablouri de conexiuni și distribuție .</td><td>105</td></tr><tr><td>    4.5. Aparare de conectare .</td><td>106</td></tr><tr><td>    4.6. Siguranțe fuzibile .</td><td>107</td></tr><tr><td>    4.7. Căi de curent .</td><td>107</td></tr><tr><td>    4.8. Marcaje . . . . .</td><td>109</td></tr><tr><td>5. Încăperi de producție electrică .</td><td>110</td></tr></table>				<u>Pag.</u>	1. Generalități . . .	93	1.1. Domeniul de aplicare .	93	1.2. Definiții . . . . .	94	2. Amplasarea instalațiilor electrice .	97	3. Scheme de conexiuni . . . . .	100	4. Condiții privind instalarea echipamentului electric .	101	4.1. Condiții generale . . . . .	101	4.2. Distanțe de izolare în aer, de conturnare și de protecție	102	4.3. Coridoare și accese . . . . .	102	4.4. Tablouri de conexiuni și distribuție .	105	4.5. Aparare de conectare .	106	4.6. Siguranțe fuzibile .	107	4.7. Căi de curent .	107	4.8. Marcaje . . . . .	109	5. Încăperi de producție electrică .	110
	<u>Pag.</u>																																	
1. Generalități . . .	93																																	
1.1. Domeniul de aplicare .	93																																	
1.2. Definiții . . . . .	94																																	
2. Amplasarea instalațiilor electrice .	97																																	
3. Scheme de conexiuni . . . . .	100																																	
4. Condiții privind instalarea echipamentului electric .	101																																	
4.1. Condiții generale . . . . .	101																																	
4.2. Distanțe de izolare în aer, de conturnare și de protecție	102																																	
4.3. Coridoare și accese . . . . .	102																																	
4.4. Tablouri de conexiuni și distribuție .	105																																	
4.5. Aparare de conectare .	106																																	
4.6. Siguranțe fuzibile .	107																																	
4.7. Căi de curent .	107																																	
4.8. Marcaje . . . . .	109																																	
5. Încăperi de producție electrică .	110																																	
<b>Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 6/10.I.69</b>	<b>Înlocuiește : prescripția 14/61</b>	<b>Data intrării în vigoare : 1.IV.69</b>																																



## 1. GENERALITĂȚI

### 1.1. Domeniul de aplicare

**1.1.1.** Prezentul normativ se aplică la proiectarea și execuția instalațiilor electrice de conexiuni și distribuție, fixe și definitive, cu tensiunea pînă la 1 000 V, din unitățile energetice, și anume : din centrale electrice, centrale termice, stații de transformare și conexiuni, posturi de transformare și puncte de alimentare.

**1.1.2.** Proiectarea și execuția instalațiilor electrice aferente construcțiilor din unitățile energetice indicate la pct. 1.1.1. se vor realiza în conformitate cu „Normativul pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice interioare cu tensiuni pînă la 1 000 V“ (I 7).

**1.1.3.** Prezentul normativ nu se aplică la încăperile cu pericol de incendiu A și B, pentru care se vor folosi normative speciale.

◆ **1.1.4.** Prezentul normativ se aplică la instalațiile noi. Instalațiile care la data intrării în vigoare a prezentului normativ sînt executate, în conformitate cu prescripția M.E.E. — 14—61, urmează a se menține în situația existentă.

**1.1.5.** Extinderea instalațiilor aflate în funcțiune sau înlocuirea unor echipamente din acestea se admit a se face în conformitate cu vechile prescripții nr. 14—61, ținînd seama și de prevederile de la punctul 1.1.4. și numai dacă realizarea extinderii sau înlocuirea unor echipamente, în conformitate cu prezentul normativ, conduce la dificultăți de realizare. Extinderile după vechile prescripții se vor justifica prin proiect.

**1.1.6.** În afara prevederilor din prezentul normativ, la amenajarea instalațiilor electrice menționate la punctul 1.1.1. trebuie să se țină seama de prevederile standardelor, prescripțiilor și normativelor în vigoare.

## 1.2. Definiții

### 1.2.1. Definiții generale

◆ a) *Aparate electrice*, în sensul prezentului normativ, se consideră toate obiectele principale, exclusiv (auto)transformatoarele de putere cu care se echipează instalațiile electrice ca de exemplu :

- aparate de conectare ca : separatoare, întreruptoare (inclusiv dispozitivele lor de acționare) ;
- siguranțe și alte dispozitive de protecție ;
- transformatoare de măsură.

◆ b) *Materiale electrice*, în sensul prezentului normativ, se consideră toate obiectele care servesc la asamblarea (auto) transformatoarelor de putere și a aparatelor electrice din instalațiile electrice, ca de exemplu :

- conductoare, izolate sau neizolate ;
- izolatoare ;
- cleme, armături etc.

◆ c) *Echipament electric*, în sensul prezentului normativ, reprezintă totalitatea (auto)transformatoarelor, aparatelor și materialelor electrice cu care se echipează instalațiile electrice.

d) *Tensiune nominală* ( $U_N$ ) este valoarea (eficace) a tensiunii între faze, după care se numește instalația.

e) *Separare de lucru* se numește separarea unei instalații electrice sau a unei părți din instalație, de elementele aflate sub tensiune, pe toate părțile și pe toate fazele pe care urmează a se lucra, cu respectarea normelor de protecție a muncii în vigoare pentru instalații electrice.

f) *Distanțe de izolare în aer*, între două părți sub tensiune neizolate sau între acestea și părți legate la pământ, sînt distanțele cele mai scurte în aer liber fără intercalații din alte materiale izolante.

g) *Distanță de conturare* reprezintă distanța cea mai scurtă de-a lungul izolației, între părți sub tensiune neizolate sau între acestea și părți legate la pământ.

◆ h) *Distanțe de protecție contra atingerilor accidentale*, în interiorul spațiilor de producție electrică sînt distanțele determinate de condiția împiedicării unor atingeri accidentale a părților sub tensiune de către personalul de exploatare sau de

către utilajele de exploatare și de întreținere, în condițiile respectării normelor de protecție a muncii în vigoare pentru instalații electrice.

### 1.2.2. Categoriile de instalații

a) *Instalație electrică de conexiune și distribuție*, în sensul prezentului normativ, se numește acea instalație care servește la primirea și distribuirea energiei electrice și care cuprinde **ansamblul tablourilor electrice de forță (principale și secundare) și a aparatelor, inclusiv căile de curent pentru alimentarea lor.**

b) *Instalații electrice de utilizare*, în sensul prezentului normativ, sînt acele instalații care cuprind circuitele receptoarelor individuale (motoare etc.) alimentate din tablourile de forță (principale și secundare) precum și circuitele pentru iluminat, ventilație, încălzire, poduri rulante etc.

c) *Instalație electrică de interior de tip „deschis”* este acea instalație electrică de interior în care persoanele sînt protejate numai împotriva atingerilor accidentale a părților sub tensiune.

◆ d) *Instalație electrică de interior de tip „închis”* este acea instalație electrică de interior, în care echipamentul electric este dispus în carcase închise (neetanșe față de aerul atmosferic), astfel încît nici o parte sub tensiune din instalație nu poate fi atinsă.

◆ e) *Instalație electrică capsulată* (închisă etanș) este acea instalație electrică în care echipamentele electrice sînt complet închise în carcase de protecție etanșe față de aerul atmosferic.

### 1.2.3. Categoriile de încăperi

Se definesc în accepțiunea prezentului normativ următoarele categorii de încăperi :

a) *Încăpere sau spațiu de producție* se numește acea încăpere sau spațiu, în care se efectuează diverse operații sau procese tehnologice și care sînt accesibile și persoanelor neinstruite în exploatarea instalațiilor electrice.

b) *Încăpere sau spațiu de producție electrică* se numește acea încăpere sau spațiu închis cu cheie, care servește exclusiv pentru procese tehnologice electrice și care este accesibil numai persoanelor pregătite în exploatarea instalațiilor electrice și instruite în conformitate cu normele de tehnică a securității muncii în instalații electrice.

c) Din punctul de vedere al acțiunii mediului asupra instalațiilor electrice montate în interior se deosebesc :

◆ — *încăperi umede*, în care umiditatea relativă depășește timp îndelungat 70%, indiferent de temperatură ;

◆ — *încăperi cu acțiune chimică dăunătoare*, în care se produc sau pot pătrunde aburi, gaze sau depuneri solide, în mod continuu sau periodic, și care acționează distructiv asupra izolației sau a căilor de curent neizolate ;

— *încăperi cu praf*, în care se produce sau poate să pătrundă praf care se poate depune pe conductoare, pe izolație sau poate să pătrundă în aparate și mașini, în cantități care să pericliteze buna funcționare a instalației ;

— *încăperi cu temperatura ridicată*, în care temperatura se menține timp îndelungat la o valoare de peste  $+35^{\circ}\text{C}$ . Se înțelege prin „timp îndelungat“ un timp mai mare decât necesar pentru atingerea temperaturii maxime de regim a aparatelor instalate în acea încăpere.

d) *Încăperi cu pericol de incendiu* sînt acele încăperi în care se prelucrează, se utilizează sau se depozitează materiale combustibile.

e) *Coridor de deservire* se numește coridorul din care este prevăzut a se face manevrarea sau supravegherea aparatelor montate în tablouri.

**NOTĂ :** În prezentul normativ se folosesc următoarele moduri pentru indicarea gradului de obligativitate a prevederilor ;

— „trebuie“, „este necesar“, „urmează“ indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză ;

— „de regulă“ indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor ; nerespectarea prevederii respective trebuie justificată totdeauna în proiect ;

— „se recomandă“ indică o rezolvare preferabilă, care trebuie să se aibă în vedere la alegerea soluției, dar care nu este obligatorie ;

— „se admite“ indică o soluționare satisfăcătoare care poate fi aplicată în situații particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect.

## 2. AMPLASAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

**2.1.** Amplasarea instalațiilor electrice de conexiuni și distribuție se va face pe cât posibil pe considerentul apropierii de centrul de greutate al consumatorilor alimentați.

**2.2.** La amplasarea instalațiilor electrice se va ține seama de posibilitatea de extindere a acestora.

**2.3.** Se recomandă a se evita pe cât posibil amplasarea tablourilor de conexiuni și distribuție în încăperi umede, cu acțiune chimică dăunătoare, cu temperatură ridicată sau cu pericol de incendiu.

**2.4.** În cazul când amplasarea instalației în condițiile indicate la pct. 2.3. este necesară din punctul de vedere al procesului de producție, pentru amenajarea acestor instalații urmează a se lua măsurile suplimentare de protecție indicate la pct. 2.11. Pentru alegerea gradului și măsurilor de protecție necesare, se va ține seama de efectele cumulate ale pericolelor existente.

**2.5.** Amplasarea instalațiilor electrice în spații de producție deservite de macarale, poduri rulante sau alte mecanisme de transport și de ridicare se va face în afara zonelor de lucru ale acestor mecanisme.

**2.6.** În spații de producție pot fi amplasate instalații electrice numai de tip „închis” sau „capsulat”.

Se admite amplasarea instalațiilor de tip deschis în încăperi de producție, cu condiția ca părțile aflate sub tensiune să nu fie accesibile personalului neinstruit, conform figurii 1.

**2.7.** Se admite montarea în aceeași încăpere a unor instalații de tensiuni diferite, în cazul în care exploatarea lor se face de către aceeași unitate de exploatare.

Se recomandă însă ca instalațiile de conexiuni până la 1 000 V și cele peste 1 000 V să fie instalate în încăperi separate.

**2.8.** Se interzice amplasarea instalațiilor electrice de conexiune și distribuție în interiorul podurilor și subsolurilor de cabluri, cu excepțiile prevăzute în normativul PE 107.

**2.9.** Amplasarea și montarea aparatelor și tablourilor electrice trebuie să se facă astfel încât ele să nu stînjenească circulația pe coridoare, în special la cele utilizate pentru evacuare în caz de incendiu.

**2.10.** Amplasarea și montarea aparatelor și tablourilor electrice trebuie să se facă astfel încît întreținerea, verificarea, localizarea defectelor și reparațiile să se poată realiza cu ușurință.

**2.11.** La amplasarea instalațiilor electrice este necesar a se ține seama de următoarele condiții speciale :

**a) Condiții climatice ale mediului ambiant**

Se consideră condiții climatice normale acele condiții în care nu se depășesc valorile indicate în tabelul 1.

◆ Tabelul 1 \*

Condiția climatică	Instalații	
	de interior	de exterior
Valoarea maximă a mediei temperaturii în 24 de ore	+35°C	+35°C
Valoarea maximă a temperaturii de scurtă durată	+40°C	+40°C
Valoarea minimă a temperaturii	- 5°C	-25°C
Umiditatea relativă maximă	(la +20°C) 90% 50% (la +40°C)	100% (la +25°C)

\* Valorile indicate sînt valabile pentru aparatajul și transformatoarele fabricate în R. S. România; pentru aparatele și transformatoarele fabricate în alte țări, aceste valori pot fi schimbate în funcție de condițiile impuse de constructorul respectiv.

Nu se admite montarea aparatelor de măsură în încăperi sau compartimente cu temperaturi sub 0°C și peste 40°C.

Se admite montarea aparatelor în spații în care temperatura minimă poate fi sub 0°C, cu condiția prevederii unei încălziri locale care să asigure temperatura minimă necesară sau în cazul în care fabrica producătoare a aparatului permite acest lucru.

În cazul instalării echipamentelor în spații în care temperatura maximă depășește +35°C, dar, nu mai mult de



+40°C, se vor lua măsuri pentru reducerea încălzirii pe căile de curent (inclusiv cele ale aparatelor) sau pentru climatizarea încăperilor, pentru a nu depăși temperatura limită admisă pentru acestea.

În cazul în care în locul de instalare temperatura depășește +40°C, se vor monta instalații și aparate special construite în vederea funcționării la temperaturi mai ridicate.

#### b) **Altitudine**

Dacă instalațiile electrice urmează a se instala la o altitudine mai mare de 1 000 m, se vor utiliza aparate corespunzătoare funcționării la altitudinea respectivă, conform indicațiilor fabricii constructoare.

În aceste instalații, distanțele de izolație se vor mări față de cele indicate la pct. 4.2.1., cu 1,25% pentru fiecare 100 m spor, între 1 000 m și 3 000 m altitudine.

#### c) **Pericolul pătrunderii apei și prafului**

În încăperile cu praf sau în care există pericolul pătrunderii stropilor de apă, se vor utiliza aparate, tablouri sau dulapuri închise etanș, cu gradul de protecție conform STAS 5323.

#### d) **Pericolul de coroziune**

Întregul echipament montat în încăperi cu pericol de coroziune va fi protejat împotriva acțiunii umidității și contra agentului corosiv respectiv. În cazul în care nu se pot realiza condițiile de mai sus, se admite folosirea de echipamente în construcție normală, însă prevăzute cu o protecție suplimentară (de exemplu, acoperirea cu vopsea rezistentă la agentul corosiv, capsulare etc.), care nu trebuie să afecteze condițiile de funcționare a echipamentului.

#### e) **Pericol de incendiu**

Încadrarea încăperilor din punctul de vedere al pericolului de incendiu se va face conform prescripțiilor de prevenire și stingere a incendiilor.

Construcția tablourilor și echipamentelor montate în aceste încăperi trebuie astfel realizată, încât să nu poată constitui cauza unui eventual incendiu (arcuri, scântei, temperaturi ridicate în interiorul echipamentului).

Construcțiile pentru montajul instalațiilor electrice vor fi confecționate din materiale incombustibile (panouri, dulapuri, stelaje etc.).

Pentru elementele de izolație se admite și folosirea de materiale greu combustibile.

Nu se admite amplasarea aparatelor cu ulei în interiorul tablourilor.

#### **f) Pericol de deteriorări mecanice**

Se va evita amplasarea instalațiilor electrice în locuri în care acestea pot fi expuse deteriorărilor mecanice.

În cazul în care acest lucru nu este posibil, instalațiile vor fi protejate împotriva deteriorărilor mecanice prin mijloace speciale.

### **3. SCHEME DE CONEXIUNI**

**3.1.** Schema de conexiuni a instalației electrice trebuie să fie simplă și clară, iar realizarea ei trebuie să permită efectuarea rapidă și lipsită de pericol a manevrelor.

**3.2.** În cazul în care funcționarea în paralel a două sau mai multor surse este interzisă (depășirea puterii de scurt-circuit, tensiuni nesincrone etc.), trebuie prevăzute blocajele corespunzătoare pentru împiedicarea conectării lor în paralel. În cazuri extreme în care aceste blocaje nu se pot realiza, se admite montarea unor plăci de interdicție.

**3.3.** Circuitele de alimentare (intrare) a tablourilor vor fi prevăzute cu întreruptoare (manuale sau automate). În posturile de transformare se admite să nu se monteze aceste întreruptoare, în cazul în care există altă posibilitate de întrerupere a curentului pe circuitul de alimentare în cadrul postului.

**3.4.** Toate instalațiile de conexiune și distribuție trebuie prevăzute cu separări de lucru. În cazul când punctele de separare nu se găsesc în același loc, condiția de separare se consideră îndeplinită numai dacă responsabilitatea separării de lucru este a aceleiași persoane și dacă această responsabilitate unică poate fi asigurată pe timpul separării de lucru la toate punctele de separație.

**3.5.** Ca elemente de separare urmează a fi folosite numai aparate sau dispozitive cu întreruperea vizibilă a circuitului (siguranțe fuzibile, întreruptoare în aer, separatoare, contacte debroșabile etc.).

◆ **3.6.** Legarea la pământ și la nul trebuie realizată conform condițiilor fixate în STAS 6616, 6119 și 4102.

## **4. CONDIȚII PRIVIND INSTALAREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC**

### **4.1. Condiții generale**

**4.1.1.** Toate tablourile, aparatele, elementele conducătoare de curent, izolatoarele etc., din instalații electrice trebuie să fie alese, dimensionate în așa fel încît să corespundă condițiilor normale de funcționare, la scurtcircuit, precum și condițiilor de mediu în care sînt puse să funcționeze.

◆ Verificarea aparatelor și a căilor de curent la scurtcircuit se va face în conformitate cu prevederile instrucțiunilor PE 103.

**4.1.2.** La alegerea aparatelor și materialelor electrice trebuie să se țină seama de caracteristicile lor particulare (sistemul de montaj, efectele funcționării asupra spațiului înconjurător, degajării de căldură, sistemul de legare a conductoarelor etc.).

**4.1.3.** Pentru executarea instalațiilor electrice se vor utiliza numai aparate și materiale omologate. Fiecare aparat trebuie să fie prevăzut cu o plăcuță indicatoare, care să cuprindă datele sale tehnice și un indicator de recunoaștere (conform pct. 4.8.1.).

**4.1.4.** Dispoziția tablourilor, aparatelor și materialelor în instalații electrice, trebuie să se prevadă în așa fel încît să se asigure păstrarea caracteristicilor de funcționare, posibilitatea reparației, supravegherii și revizuirii acestora, fără pericol și, de regulă, fără perturbarea circuitelor vecine.

## 4.2. Distanțe de izolare în aer, de conturare și de protecție

**4.2.1.** Distanța minimă de izolare în aer între piesele sub tensiune fixe ale diferitelor faze precum și între acestea și părți metalice legate la pământ, trebuie să fie de cel puțin 15 mm, iar distanța de conturare trebuie să fie de cel puțin 30 mm.

**4.2.2.** Distanța de protecție de la părțile neizolate care se află sub tensiune trebuie să fie :

a = 50 mm la pereți, uși pline sau alte elemente de construcție ;

b = 100 mm la pereți sau uși din plasă ;

c = 200 mm la bariere.

(pentru distanțele a, b, c vezi fig. 2).

**4.2.3.** Pereții de protecție sau ușile pline, precum și îngrădirile de protecție sau ușile din plasă trebuie să aibă înălțimea minimă de 1,7 m, iar barierele de 1,2 m.

**4.2.4.** Pereții, ușile, îngrădirile de protecție și barierele trebuie să fie suficient de rezistente din punct de vedere mecanic și bine fixate.

Pereții de protecție sau ușile pline trebuie executate din materiale rigide și incombustibile. În cazul folosirii de tablă de oțel, aceasta va avea o grosime de cel puțin 2 mm. Îngrădirile sau ușile din plasă se execută din plasă metalică cu ochiuri de cel mult  $20 \times 20$  mm. Barierele se execută, de regulă, din material rău conductor de electricitate (de exemplu, din lemn ignifugat).

## 4.3. Coridoare și accese (fig. 1 și 2)

**4.3.1.** Lățimea și înălțimea coridoarelor de deservire trebuie să asigure posibilitatea deplasării ușoare a personalului, efectuării reviziilor locale și manipulării comode a aparatelor din instalație, precum și posibilități de evacuare sigură în caz de pericol de incendiu.

**4.3.2.** Lățimea coridorului de deservire din fața sau spatele tabloului, măsurată de la îngrădirea de protecție și alte elemente de construcție (perete, balustrade de protecție etc.) trebuie să fie de cel puțin 0,8 m, iar distanța între elemente sub tensiune neizolate din spatele tabloului și elementele de construcție de pe peretele opus trebuie să fie de cel puțin 1 m.

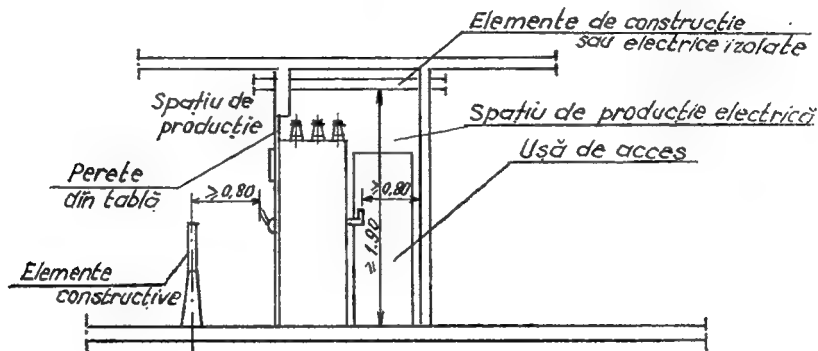


Fig. 1. Amplasarea panourilor deschise în spații de producție.

**4.3.3.** Distanța între tablou și perete, în cazul în care nu este necesar accesul în spatele panoului nu se limitează.

**4.3.4.** Lățimea coridorului de deservire între două tablouri sau între tablouri și alte utilaje electrice trebuie să fie de

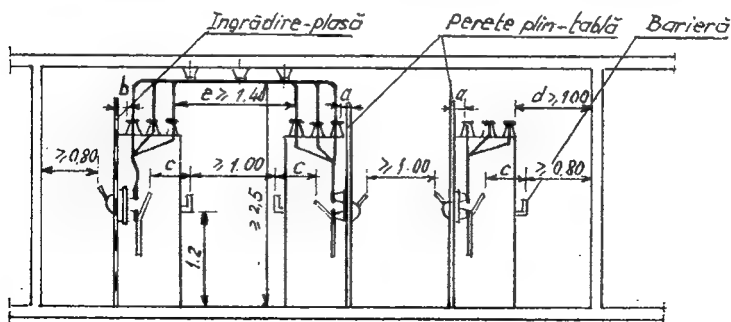


Fig. 2. Distanțe minime de protecție și de deservire.

NOTĂ: 1. Cotele d și e sînt obligatorii numai sub înălțimea de 2,5 m (vezi pct. 4.3.4.).

2. Cotele a, b, c sînt date la pct. 4.2.2.

3. Se admit îngustări locale de la 0,8 m la 0,6 m.

cel puțin 1 m, iar distanța „e” între elemente sub tensiune neizolate, situate de o parte și de alta a coridorului, trebuie să fie de cel puțin 1,4 m.

**4.3.5.** În cazul când distanțele „d” și „e” de la pct. 4.3.2. și 4.3.4. nu pot fi respectate, se vor prevedea îngrădiri din plasă sau tablă pînă la înălțimea de la care aceste distanțe sînt respectate, dar nu mai puțin de 1,7 m.

**4.3.6.** Înălțimea liberă a coridorului de deservire, măsurată între pardoseală și tavanul încăperii sau pînă la alte elemente constructive care nu se găsesc sub tensiune, trebuie să fie de cel puțin 1,9 m.

**4.3.7.** Distanța între părți sub tensiune neîngrădite, situate deasupra coridoarelor de deservire și pardoseală, trebuie să fie de cel puțin 2,5 m.

**4.3.8.** În cazul în care această distanță nu poate fi respectată, ea va putea fi micșorată, cu condiția îngrădirii în plan orizontal, dedesubtul părților sub tensiune prin plase sau tablă.

Această îngrădire nu va putea fi însă sub înălțimea de 1,9 m.

**4.3.9.** Înălțimea minimă față de pardoseală a laturilor de jos ale tablourilor capsulate trebuie să fie astfel stabilită, încît să permită posibilitatea realizării razei de curbura a cablului cu diametrul cel mai mare, iar înălțimea maximă, față de pardoseală, a laturii de sus a tavanului să fie de cel mult 2,2 m.

**4.3.10.** Coridoarele de deservire a tablourilor care au o lungime mai mare de 7 m pe o singură latură vor fi prevăzute cu două accese.

Accesul spre coridorul din spatele tablourilor poate fi realizat fie spre coridorul din fața tablourilor, fie spre altă încăpere.

Cînd coridorul are o lățime mai mare de 3 m, prevederea a două accese nu este obligatorie.

**4.3.11.** Ușile încăperilor se vor deschide de regulă spre exterior, cu excepția ușilor care separă încăperi cu instalații cu tensiunea de peste 1 000 V, față de cele cu tensiunea pînă la 1 000 V, la care deschiderea ușilor se va face spre încăperile cu tensiune pînă la 1 000 V.

Ușile trebuie prevăzute cu broaște cu închidere automată, putându-se deschide fără cheie numai din interior. Lățimea ușilor va fi de cel puțin 0,75 m iar înălțimea de cel puțin 1,9 m.

#### 4.4. Tablouri de conexiuni și distribuție

**4.4.1.** Condițiile generale privind instalarea tablourilor electrice de conexiune și distribuție vor fi cele de la punctul 4.1.

◆ **4.4.2.** Alegerea tipului de tablouri ce urmează a fi folosite pentru realizarea instalațiilor electrice de conexiune și distribuție se va face ținând seama de condițiile indicate la pct. 2.11. Toate panourile de tip deschis cu accese prin spate vor fi prevăzute cu bariere sau uși din plasă conform pct. 4.2.3.

**4.4.3.** Materialele ce pot fi folosite la confecționarea tablourilor trebuie să fie incombustibile și nehigroscopice.

**4.4.4.** Tablourile de distribuție trebuie montate perfect vertical și fixate bine pentru a nu fi supuse vibrațiilor.

**4.4.5.** Conductele, barele, clemele și bornele de legătură din interiorul dulapurilor sau din spatele tablourilor trebuie să fie ușor de identificat și accesibile pentru verificări și reparații.

**4.4.6.** Se recomandă ca legăturile pentru curenți mai mari decât 100 A, din interiorul tablourilor, să fie realizate din bare.

**4.4.7.** Se recomandă ca în același panou (dulap) să nu fie grupate circuite de curent alternativ cu circuite de curent continuu sau circuite de tensiuni diferite.

În cazul în care această condiție nu poate fi realizată, circuitele vor fi montate separat și marcate distinct. Această condiție nu se aplică la aparate care prin funcționarea lor necesită circuite cu curenți de natură diferită sau tensiuni diferite.

**4.4.8.** Tablourile capsulate pentru curenți până la 200 A se admit a fi executate fără cutii de bare.

**4.4.9.** La posturile de transformare pe stîlp, tabloul de joasă tensiune cu aparate de protecție și măsură (siguranțe sau întreruptoare automate, transformatoare de intensitate, contoare) trebuie să fie închis într-o cutie metalică cu gradul de protecție, conform STAS 5325. Se va avea în vedere asigurarea unei temperaturi minime admise de aparatul montat și împiedicarea producerii de condensări în interior (vezi și 2.11.a.).

## **4.5. Aparate de conectare**

**4.5.1.** Condițiile generale privind instalarea aparatelor de conectare vor fi cele indicate la pct. 4.1.

**4.5.2.** La alegerea aparatelor de conectare, în afara condițiilor indicate la pct. 4.1. trebuie să se țină seama de capacitatea și frecvența de conectare, precum și de durata de conectare.

**4.5.3.** Aparatele de conectare trebuie să fie astfel montate încît să întrerupă simultan toate fazele circuitului pe care îl deservesc. Nu se admite întreruperea conductorului de protecție. Conductorul de nul poate fi întrerupt numai în instalațiile în care acesta nu este folosit și pentru protecție.

**4.5.4.** Aparatele de conectare se vor amplasa astfel încît arcurile sau scînteile electrice ce apar în timpul exploatării normale să nu fie periculoase pentru personalul de deservire și să nu poată cauza scurtcircuite, puneri la pămînt sau deteriorarea obiectelor înconjurătoare.

**4.5.5.** Aparatele cu contacte în formă de cuțite se vor monta astfel încît să nu se poată închide sub acțiunea greutății proprii a părților mobile, prin vibrație sau prin lovirea aparatului. În stare decuplată, elementele (contactele) mobile ale aparatului trebuie pe cît posibil să nu rămînă sub tensiune.

**4.5.6.** La dispozitivele de acționare a aparatelor de conectare, închise cu capac sau montate în spatele panoului sau în interiorul dulapului și manevrabile din față, trebuie indicate clar pozițiile „închis” sau „deschis”.

**4.5.7.** Se recomandă ca acționarea separatoarelor să se facă prin manete de acționare. În cazul acționării cu ștangă, aceasta va fi izolată cel puțin pentru tensiunea aparatului deservit.



## 4.6. Siguranțe fuzibile

**4.6.1.** Condițiile generale privind instalarea siguranțelor fuzibile vor fi cele de la pct. 4.1.

**4.6.2.** În instalațiile electrice vor fi montate numai siguranțe calibrate.

**4.6.3.** Siguranțele cu capac filetat trebuie să fie montate în așa fel încît conductoarele de alimentare să fie legate la șuruburile de contact, iar conductoarele de plecare spre consumatori să fie legate de duliile filetate.

**4.6.4.** Se interzice montarea siguranțelor :

— pe conductorul utilizat ca nul de lucru la circuitele bifazate cu trei conductoare și la circuitele trifazate cu patru conductoare ;

— pe conductoarele instalației de protecție (nul, pământ etc.).

**4.6.5.** Siguranțele trebuie să fie astfel montate încît eventuala apariție a unui arc să nu prezinte pericol pentru restul instalației și pentru personalul de deservire.

## 4.7. Căi de curent

**4.7.1.** Condițiile generale privind alegerea, dimensionarea și instalarea căilor de curent vor fi cele de la pct. 4.1.

◆ **4.7.2.** Pentru realizarea căilor de curent din instalațiile electrice se vor folosi de regulă conductoare și bare de aluminiu. Utilizarea conductoarelor și barelor din cupru urmează a se face în următoarele cazuri :

a) în încăperi cu mediu corosiv în care stabilitatea chimică a cuprului este superioară stabilității aluminiului și numai dacă instalația nu poate fi executată etanș la agenții corosivi respectivi;

b) în cazuri excepționale pe bază de justificări tehnico-economice (siguranță în funcționare, dificultăți constructive în cazul utilizării aluminiului etc.).

**4.7.3.** La alegerea soluțiilor de realizare a instalațiilor de conexiuni și distribuție se va avea în vedere posibilitatea utilizării conductoarelor neizolate, ca o soluționare preferabilă.

**4.7.4.** La montarea conductoarelor rigide se vor prevedea, de regulă, dispozitive de prindere și compensare, care să permită dilatarea barelor și preluarea vibrațiilor produse de acționarea aparatelor de conectare.

**4.7.5.** În toate cazurile când se utilizează cabluri, trebuie respectate prevederile din „Normativul pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice” (PE 107) precum și indicațiile fabricii constructoare de cabluri.

**4.7.6.** În toate cazurile când se utilizează conductoare neizolate trebuie respectate prevederile din „Normativul pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice interioare cu tensiuni până la 1 000 V” I 7, referitoare la aceste conductoare.

**4.7.7.** Îmbinările între căile de curent, precum și între acestea și bornele aparatelor se vor face prin metode care să asigure posibilitatea de trecere a curentului electric corespunzător secțiunii curențe, rezistența mecanică necesară și păstrarea în timp a calității mecanice și electrice ale contactului.

**4.7.8.** Dispunerea relativă a fazelor în cadrul întregii instalații de conexiune și distribuție va fi pe cât posibil aceeași pentru toate circuitele.

**4.7.9.** Bara sau conductorul de nul între punctul neutru al transformatoarelor și tablouri, precum și între tablouri se vor monta tot atât de îngrijit ca și cele de fază, ele fiind protejate împotriva atingerilor și deteriorărilor ca și conductoarele sau barele de fază.

Secțiunea conductoarelor sau barelor de nul va fi egală cu secțiunea celor de fază (în cazul unor materiale identice) până la secțiunea de 50 mm<sup>2</sup>. În cazul unor secțiuni mai mari de 50 mm<sup>2</sup> ale conductoarelor sau ale barelor de fază, conductorul sau bara de nul va fi cel puțin egal cu 50% din secțiunea conductorului sau barei de fază dar nu mai mic de 50 mm<sup>2</sup>. În interiorul tablourilor, bara de nul se montează, de regulă, neizolat față de părțile legate la pământ ale tabloului.

Bara de nul din interiorul tabloului se va realiza din oțel cu dimensiunile minime de 40×5 mm, dacă din verificarea la stabilitatea termică la scurtcircuit nu rezultă o secțiune mai mare.

**4.7.10.** În interiorul tablourilor trebuie să se prevadă pe bare, puncte neizolate și nevopsite, pentru a face posibilă scurtcircuitarea și legarea la pământ. Aceste puncte vor fi cositorite.

**4.7.11.** Elementele construcțiilor care se găsesc în apropierea părților conducătoare de curent și care pot fi atinse de personal nu trebuie să se încălzească, datorită acțiunii curentului electric, la temperaturi de peste  $+50^{\circ}\text{C}$ , iar temperatura celor care nu sînt accesibile atingerii personalului nu trebuie să depășească, de regulă, temperaturi peste  $+70^{\circ}\text{C}$ .

Construcțiile conținînd elemente metalice nu se vor verifica la încălzire în regim normal, cînd curenții în căile de curent învecinate nu depășesc 1 000 A.

## 4.8. Marcaje

**4.8.1.** Toate circuitele din tablourile instalațiilor de conexiuni și distribuție trebuie prevăzute cu inscripții vizibile și neechivoce, în care să se indice destinația fiecărui circuit. Inscriptiile trebuie făcute pe partea din față a tablourilor, iar în cazul deservirii acestora din ambele părți, inscripțiile trebuie făcute și pe partea din spate.

**4.8.2.** Sistemele de bare colectoare, precum și derivațiile acestora trebuie să fie vopsite după cum urmează :

- faza **R** în culoare **roșie**;
- faza **S** în culoare **galbenă**;
- faza **T** în culoare **albastră**;
- **bara de nul** — 0 — în culoare **neagră cu dungi albe**, cu lățimea de 10 mm la intervale de 100 mm ;
- **barele de legare la pământ** — P — **alb, cenușiu sau negru**.

În instalațiile de curent continuu, barele se vor vopsi după cum urmează :

- **bara pozitivă (+)** în culoare **roșie**;
- **bara negativă (—)** în culoare **albastră**;
- **bara mediană (0)** în culoare **cenușiu deschis**.

**4.8.3.** Pe ușile de acces spre spațiile de producție electrică vor fi montate inscripții cu destinația spațiului respectiv și plăci avertizoare, în conformitate cu normele de protecție a muncii în vigoare pentru instalațiile electrice.

**4.8.4.** Marcarea cablurilor se va face în conformitate cu „Normativul pentru proiectarea și execuția rețelelor de cabluri electrice” PE 107.

**4.8.5.** În încăperile de producție electrică nu este permis a se prevedea alte inscripții, afișe etc. decât cele legate direct de procesul tehnologic, de protecție a muncii și P.S.I.

## **5. ÎNCĂPERI DE PRODUCȚIE ELECTRICĂ**

**5.1.** Încăperile conținând instalații electrice de conexiune și distribuție trebuie să fie executate din materiale incombustibile, conform prescripțiilor de prevenire și stingere a incendiilor.

**5.2.** Încăperile de producție electrică trebuie astfel finisate încât să permită o întreținere ușoară.

**5.3.** În clădirile de producție electrică, amplasate în afara localităților, se admit ferestre numai dacă terenul pe care se află aceste clădiri este împrejmuit sau păzit.

În acest caz ferestrele de la parter trebuie prevăzute cu plasă metalică, cu ochiuri de cel mult  $20 \times 20$  mm.

Se exceptează ferestrele construite din dale de sticlă „NEVADA”. Nu se admit luminatoare.

**5.4.** Pentru evitarea pătrunderii animalelor mici în încăperile instalațiilor electrice, toate orificiile din încăperi spre exterior sau spre încăperi cu altă destinație trebuie amplasate la o distanță minimă de la sol de cel puțin 25 cm și prevăzute cu plasă metalică cu ochiuri de cel mult  $8 \times 8$  mm. Toate orificiile pentru trecerea dintr-o încăpere în alta și în exterior trebuie să fie închise, respectiv etanșate cu materiale incombustibile.

**5.5.** Nu se admit denivelări ale pardoselilor sau praguri de-a lungul coridoarelor, în încăperile de producție electrică.

**5.6.** Se admite trecerea prin încăperile de producție electrică a unor conducte de încălzire în țevă servind exclusiv pentru instalația respectivă, cu condiția folosirii de țevi îmbinate prin sudură fără flanșe, ventile etc., precum și a canalelor de ventilare din cutii sudate, fără flanșe, clapete etc.

Se admite și instalarea unor conducte de trecere în aceste încăperi, excluzînd cele cu lichide și gaze inflamabile sau de abur, în aceleași condiții ca mai sus.

**5.7.** În încăperile de producție (neelectrică) distanța între marginea tablourilor de distribuție și conductele de apă, abur, aer comprimat, gaze sau lichide inflamabile etc., trebuie să fie de cel puțin 1,25 m.

◆ **5.8.** Prevederea iluminatului natural în încăperile de producție electrică nu este obligatorie. Încăperile instalațiilor electrice trebuie prevăzute cu iluminat electric, conform normativelor I 7 și PE 136.

**5.9.** Încăperile instalațiilor electrice vor fi prevăzute, de regulă, cu ventilație naturală. În cazul în care ventilația naturală nu asigură condițiile climatice indicate la pct. 2.11. trebuie prevăzute instalații de ventilație artificială.

**5.10.** În zone cu atmosferă poluată sau agresivă din punct de vedere chimic, se recomandă ca încăperile de producție electrică să fie prevăzute cu instalații care să împiedice pătrunderea acestei atmosfere în interior (eventual instalații de suprapresiune).



MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit	PE 103/70												
		Grupa 1 Electroenergetică												
<div>C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Domeniul de aplicare .</td><td>115</td></tr><tr><td>2. Condiții de calcul al curenților de scurtcircuit .</td><td>116</td></tr><tr><td>3. Condiții de dimensionare și verificare la solicitări mecanice și termice . . . . .</td><td>120</td></tr><tr><td>4. Calculul curentului de scurtcircuit de șoc și al curentului echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit . .</td><td>126</td></tr><tr><td>5. Calculul încălzirii conductoarelor parcurse de curentul de scurtcircuit . . . . .</td><td>129</td></tr></table>				Pag.	1. Domeniul de aplicare .	115	2. Condiții de calcul al curenților de scurtcircuit .	116	3. Condiții de dimensionare și verificare la solicitări mecanice și termice . . . . .	120	4. Calculul curentului de scurtcircuit de șoc și al curentului echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit . .	126	5. Calculul încălzirii conductoarelor parcurse de curentul de scurtcircuit . . . . .	129
	Pag.													
1. Domeniul de aplicare .	115													
2. Condiții de calcul al curenților de scurtcircuit .	116													
3. Condiții de dimensionare și verificare la solicitări mecanice și termice . . . . .	120													
4. Calculul curentului de scurtcircuit de șoc și al curentului echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit . .	126													
5. Calculul încălzirii conductoarelor parcurse de curentul de scurtcircuit . . . . .	129													
Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 1357/69	Înlocuiește : prescripția 7/61	Data intrării în vigoare: 1.IV.1970												





## 1. DOMENIUL DE APLICARE

◆ 1.1. Prezentele instrucțiuni se aplică la alegerea, dimensionarea sau verificarea elementelor componente ale instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit.

1.2. În sensul acestor instrucțiuni, prin instalații electroenergetice se înțeleg :

- a) Centralele electrice.
- b) Stațiile de conexiuni și de transformare, inclusiv posturile de transformare și instalațiile speciale de rețea (compensatoarele sincrone, bobinele de compensare, bateriile de condensatoare etc.).
- c) Liniile electrice de energie (aeriene sau în cablu), inclusiv cele care formează rețelele electrice de distribuție.

1.3. Sînt supuse prevederilor prezentelor instrucțiuni în privința alegerii, dimensionării sau verificării, următoarele elemente componente ale instalațiilor electroenergetice :

- aparatele electrice;
- căile de curent, inclusiv izolatoarele, armăturile, clemele și piesele de fixare a conductoarelor.

Dimensionarea sau verificarea altor elemente aparținînd instalațiilor electroenergetice sau situate în apropierea acestora, în condițiile unor solicitări mecanice sau termice datorate curenților de scurtcircuit, se face pe baza unor reglementări speciale.

1.4. Nu este obligatorie dimensionarea sau verificarea în condițiile curenților de scurtcircuit a următoarelor elemente :

- căile de curent de orice tensiune (inclusiv izolatoarele, armăturile, clemele și piesele de fixare a conductoarelor), care alimentează înfășurarea primară a transformatoarelor de tensiune sau care fac legătura la descărcătoare ;
- circuitele (aparate și căi de curent) de joasă tensiune (cu tensiune nominală pînă la 1 kV inclusiv), protejate prin siguranțe fuzibile ;

— liniile aeriene cu tensiune nominală mai mică decât 110 kV.

1.5. Liniile aeriene cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare se verifică numai la efectele termice ale curenților de scurtcircuit.

1.6. În prezenta instrucțiune se folosesc următorii termeni pentru indicarea gradului de obligativitate a prevederilor :

— „trebuie“, „este necesar“, „urmează“ indică obligativitatea strictă a respectării prevederii respective;

— „de regulă“ indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor, iar nerespectarea prevederii este permisă cu justificarea în proiect;

— „se admite“ indică o soluție satisfăcătoare, care poate fi aplicată numai în situații particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect;

— „se recomandă“ indică o soluționare preferabilă, care trebuie să se aibă în vedere, dar care nu este obligatorie.

## **2. CONDIȚII DE CALCUL AL CURENȚILOR DE SCURT-CIRCUIT**

2.1. Schemele de calcul luate în considerare pentru determinarea curenților de scurtcircuit trebuie să corespundă condițiilor de funcționare de lungă durată a instalațiilor.

Nu este necesar să se țină seama de situațiile de scurtă durată în care puterea de scurtcircuit este mai mare decât în restul timpului (de exemplu, în cursul executării unor manevre, când pentru un scurt timp se cuplează două sau mai multe părți de rețea sau de instalație, care sînt în mod normal separate).

Pentru astfel de situații trebuie să se prevadă măsuri în vederea evitării eventualelor accidente de persoane în cazul unui scurtcircuit.

◆ Schema de calcul trebuie să țină seama de dezvoltarea viitoare a rețelei conform normativului PE 134.

**2.2.** La determinarea curenților de scurtcircuit este necesar să se țină seama de toate sursele (inclusiv motoare) care pot alimenta scurtcircuitul, precum și de creșterea forțelor electromotoare datorită sistemelor de reglaj al tensiunii. Nu este necesar să se ia în considerare creșterile de tensiune datorită supraîncălzirii mașinilor electrice.

Se recomandă să se țină seama de impedanțele consumatorilor racordați, în paralel, cu calea de scurtcircuit.

◆ Metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit este cea indicată în normativul PE 134.

**2.3.** Natura defectului practic posibil care se ia în considerare (scurtcircuit mono, bi sau trifazat, cu sau fără punere la pământ) trebuie să fie cea care conduce la solicitarea cea mai mare pentru elementul care se dimensionează sau se verifică.

Dacă este cazul, se vor lua în considerare defecte de naturi diferite pentru solicitările termice și pentru cele mecanice.

În particular, pentru determinarea efectelor mecanice asupra aparatelor și a căilor de curent rigide din circuitele trifazate trebuie să se ia în considerare scurtcircuitul trifazat.

**2.4.** Locul presupus al defectului se alege astfel, încât solicitarea termică sau mecanică a elementului care se dimensionează sau se verifică să fie maximă. Dacă este cazul, se vor lua în considerare puncte de defect diferite pentru solicitările termice și pentru cele mecanice.

**2.5.** În celulele liniilor prevăzute cu bobine de reactanță, se admite dimensionarea sau verificarea întregului echipament (aparataj și căi de curent) la un defect produs după bobina de reactanță, când sensul fluxului de energie este dinspre barele colectoare spre bobină.

**2.6.** La liniile electrice aeriene și subterane se admite variația în trepte a secțiunii conductoarelor active și de protecție pe baza verificării stabilității termice la scurtcircuit, în condițiile cele mai grele, dacă celelalte condiții tehnice prevăzute în alte normative sînt respectate.

**2.7.** În cazul fasciculelor de cabluri în paralel, se iau în considerare defecte produse la capetele fasciculului (la capătul opus sursei de alimentare, în cazul alimentării dintr-o singură parte).

Verificarea efectului termic se face astfel pentru secțiunea totală a întregului fascicul.

**2.8. Solicitarea termică a elementelor care se dimensionează sau se verifică** depinde de durata defectului, considerată din momentul apariției curentului de scurtcircuit, până în momentul întreruperii sale.

Durata defectului se determină astfel :

a — **la liniile electrice aeriene**, durata defectului se consideră, de regulă, egală cu 0,6 s. În cazul liniilor aeriene la care se asigură declanșarea simultană a întreruptoarelor de la ambele capete, se poate considera timpul determinat de protecțiile respective (ținând seama și de ciclul RAR) ;

b — **la rețelele și gospodăriile de cabluri**, durata defectului este determinată de protecția cu timpul cel mai scurt, care acționează la defectul respectiv și comandă declanșarea întreruptorului cel mai apropiat de locul defectului (pe calea scurtcircuitului) ;

c — **la căile de curent din centralele și stațiile electrice**, (exclusiv cabluri) durata defectului este determinată la fel ca la punctul b) precedent, dar nu mai puțin de 1 s. Această limitare nu se referă la circuitele protejate prin siguranțe fuzibile și la circuitele de joasă tensiune (cu tensiune nominală până la 1 kV, inclusiv) la care verificarea se va face la timpul real de funcționare sub scurtcircuit.

La stabilirea duratei defectului, în cazul întreruptoarelor cu reanclare automată, trebuie luate în considerare toate intervalele de timp din cadrul ciclului de funcționare, în care circuitul este străbătut de curentul de defect.

În astfel de cazuri, fenomenul termic se consideră de regulă, adiabatic, adică se neglijează disiparea căldurii în timpul pauzelor de curent.

**Precizare :** La dimensionarea sau verificarea liniilor electrice aeriene pentru defecte cu punere la pământ se recomandă luarea în considerare a rezistenței echivalente la locul defectului (rezistența arcului, plus rezistența echivalentă a instalației de legare la pământ).

◆ Această valoare urmează să fie stabilită de proiectant pentru fiecare caz în parte conform normativului PE 134.

Pentru dimensionarea sau verificarea echipamentelor stațiilor electrice, precum și a cablurilor, se va considera că rezistența arcului electric la locul defectului este nulă.

**2.9.** Pentru dimensionarea sau verificarea diverselor elemente la efectele mecanice ale curentului de scurtcircuit, se ia în considerare curentul de scurtcircuit de șoc  $i_{\text{ș}}$  :

a — În cazul curentului alternativ, curentul de scurtcircuit de șoc se definește ca valoare instantanee a curentului total de scurtcircuit (rezultat din însumarea componentei alternative cu cea continuă), valoare care apare în prima perioadă de la apariția scurtcircuitului. Se presupune că scurtcircuitul se produce în momentul în care componenta continuă a curentului de scurtcircuit are valoarea maximă.

b — În cazul curentului continuu, curentul de scurtcircuit de șoc  $i_{\text{ș}}$  reprezintă valoarea instantanee maximă a curentului de scurtcircuit.

**2.10.** Pentru dimensionarea sau verificarea diverselor elemente la efectele termice ale curentului de scurtcircuit se ia în considerare curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit  $I_m$  :

a — În cazul curentului alternativ, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit se definește ca valoare efectivă a unui curent alternativ constant, care într-un interval de timp de 1 s dezvoltă într-un element de circuit o cantitate de căldură egală cu cea dezvoltată în acel element de curentul de scurtcircuit pe toată durata defectului ;

b — În cazul curentului continuu, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit se definește ca un curent continuu constant, care într-un interval de timp de 1 s dezvoltă într-un element de circuit o cantitate de căldură egală cu cea dezvoltată în acel element de curent de scurtcircuit pe toată durata defectului. De regulă, se adoptă ipoteza acoperitoare că stabilirea curentului de scurtcircuit se face brusc la valoarea maximă. Se admite totuși să se țină seama de viteza de creștere finită a curentului de scurtcircuit.

**2.11.** La determinarea curentului de scurtcircuit de șoc și a curentului echivalent termic de 1 s al curentului de scurt-

circuit, se recomandă să se țină seama de prezența aparatelor limitatoare de curent (întreruptoare rapide de joasă tensiune, siguranțe fuzibile cu mare putere de rupere).

### **3. CONDIȚII DE DIMENSIONARE ȘI VERIFICARE LA SOLICITĂRI MECANICE ȘI TERMICE**

**3.1.** Verificarea aparatelor electrice la solicitări mecanice și termice în cazul curenților de scurtcircuit se face prin compararea mărimilor de calcul cu cele de încercare. Comparația se referă, de regulă, la curentul de scurtcircuit de șoc  $i_{\text{ș}}$  și la curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit  $I_{\text{m}}$ , luându-se în considerare scurtcircuitul trifazat. Relațiile de comparație care trebuie îndeplinite sînt următoarele :

$$i_{\text{ș}} \leq I_{\text{d}}$$

$$I_{\text{m}} \leq I_{\text{1t}}$$

în care :  $I_{\text{d}}$  este curentul maxim de stabilitate dinamică al aparatului (amplitudine) ;

$I_{\text{1t}}$  — curentul maxim de stabilitate termică de 1 s al aparatului (valoarea efectivă).

Curentul maxim de stabilitate dinamică  $I_{\text{d}}$  al unui aparat reprezintă valoarea instantanee maxime a curentului de scurtcircuit, garantată de întreprinderea constructoare, pe care aparatul o poate suporta fără să se deterioreze din nici un punct de vedere. În cazul aparatelor trifazate de curent alternativ, curentul  $I_{\text{d}}$  poate străbate oricare dintre poli, în timp ce prin ceilalți doi poli curentul de scurtcircuit are valori mai mici, corespunzătoare componentelor continue respective.

Curentul maxim de stabilitate termică de 1 s al unui aparat  $I_{\text{1t}}$  reprezintă valoarea efectivă, garantată de întreprinderea constructoare, a unui curent constant, pe care aparatul îl poate suporta timp de 1 s, fără ca temperaturile admisibile ale diverselor părți componente ale aparatului să fie depășite. nici pe durata trecerii curentului, nici ulterior.

La aparatele de curent continuu, curentul de încercare  $I_{1t}$  trebuie să fie tot un curent continuu.

Cînd se cunoaște curentul maxim de stabilitate termică  $I_t$  al unui aparat pentru o durată  $t$  (în s), se poate determina valoarea  $I_{1t}$  pentru 1 s cu relația :

$$I_{1t} = I_t \sqrt{t}$$

Această relație este valabilă pentru valori  $t$  de maximum 10 s, în ipoteza că fenomenul termic este adiabatic.

În afară de verificările indicate mai sus, este necesară o verificare a eforturilor transmise bornelor de către conductoarele racordate. Eforturile admisibile nu trebuie să fie depășite în nici o situație.

**3.2.** În cazul transformatoarelor de curent, se admite în mod excepțional ca ele să nu fie stabile la curentul de scurtcircuit, dacă adoptarea unei valori mai mari pentru curentul primar nominal în vederea asigurării acestei stabilități este inadmisibilă, din cauza creșterii erorilor în circuitele de măsurare sau din alte cauze referitoare la circuitele de protecție alimentate.

◆ **3.3.** Conductoarele rigide neizolate (bare, profiluri) se verifică la solicitări mecanice și termice conform PE 111-4.

În cazul sistemelor trifazate, pentru determinarea solicitărilor mecanice se ia în considerare curentul de scurtcircuit trifazat.

Dimensionarea sau verificarea la solicitări mecanice se poate face în una dintre următoarele două variante :

a — se ține seama de oscilațiile conductorului provocate de forțele electrodinamice, luîndu-se în considerare și fenomenele plastice. În zona deformațiilor plastice, oscilațiile sînt rapid amortizate. Metoda este aplicabilă conductoarelor de aluminiu și cupru și necesită cunoașterea limitei de curgere tehnică a materialului. Valoarea acesteia trebuie să fie garantată de furnizor sau determinată prin încercări ;

b — se neglijează oscilațiile conductorului provocate de forțele electrodinamice, considerîndu-se solicitarea conductorului ca un fenomen static. În acest caz, rezistențele de înco-

voiere în conductor nu trebuie să depășească următoarele valori admisibile :

— aluminiu	700 daN/cm <sup>2</sup>
— cupru	1 400 daN/cm <sup>2</sup>
— oțel	1 600 daN/cm <sup>2</sup>

Din punct de vedere termic, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit nu trebuie să provoace o creștere a temperaturii conductorului peste următoarele valori :

— aluminiu	180°C
— cupru	200°C
— oțel	200°C

Se presupune în calcul o densitate uniformă a curentului de scurtcircuit pe secțiunea conductorului.

**3.4. Conductoarele flexibile active și de protecție din centralele și stațiile electrice se verifică la solicitări mecanice și termice, conform PE 111-6 iar cele ale liniilor electrice aeriene, cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare, numai la solicitări termice. Nu este obligatorie verificarea, la efectele curenților de scurtcircuit, a conductoarelor liniilor aeriene cu tensiunea nominală mai mică de 110 kV.**

Forțele transversale de natură electrodinamică ce iau naștere în timpul unui scurtcircuit pot avea mai multe componente (o componentă continuă și una sau mai multe componente alternative cu frecvențe diferite) sau o singură componentă alternativă ori continuă.

a) În cazul solicitărilor electrodinamice între conductoarele situate la distanță relativ mare față de dimensiunile lor transversale (de exemplu, între conductoarele sau fasciculele de conductoare aparținând unor faze diferite, între conductoarele fazelor și conductoarelor de protecție etc.), se iau în considerare numai componentele continue ale forțelor transversale. Se consideră prin aceasta că, din cauza inerției conductoarelor, componentele alternative ale forțelor transversale au un efect neglijabil.

b) În cazul solicitărilor electrodinamice între conductoarele situate la distanță relativ mică față de dimensiunile lor



transversale (de exemplu, între conductoarele montate în paralel, în fascicule, la distanță de circa 10...20 ori diametrul lor), se ia în considerare valoarea instantanee maximă a forței transversale, adică se ține seama atât de componenta continuă, cât și de cele alternative ale forțelor transversale. Se procedează astfel considerînd că din cauza distanțelor relativ mici dintre conductoare, forțele transversale sînt considerabile, iar o mică deplasare transversală conduce la o variație mare a tracțiunii.

Coeficientul de siguranță mecanică al conductoarelor, în raport cu rezistența de rupere în condițiile curenților de scurtcircuit, dacă puterea de scurtcircuit nu depășește valoarea : conductoarelor neomogene, condiția se aplică fiecăruia dintre elementele componente în parte.

Se admite să se renunțe la verificarea conductoarelor flexibile la solicitări mecanice, în condițiile curenților de scurtcircuit, dacă puterea de scurtcircuit nu depășește valoarea :

110 kV	3 000 MVA
200 kV	6 000 MVA
400 kV	12 000 MVA

Din punct de vedere termic, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit nu trebuie să provoace o creștere a temperaturii conductoarelor flexibile active și de protecție peste următoarele valori :

— conductoare funie supuse unei tensiuni  $< 1 \text{ daN/mm}^2$  :

— aluminiu	180°C
— cupru	200°C
— oțel	200°C

— conductoare funie supuse unei tensiuni  $\geq 1 \text{ daN/mm}^2$  :

— oțel-aluminiu	160°C
— aldreay	160°C
— aluminiu	130°C
— cupru	170°C
— oțel	200°C

Se presupune în calcul o densitate uniformă a curentului de scurtcircuit pe secțiunea conductorului. În cazul conduc-

toarelor de oțel-aluminiu, se consideră că întregul curent de scurtcircuit trece numai prin partea de aluminiu.

**3.5.** Cablurile se verifică la sollicitări termice. Curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit nu trebuie să provoace o creștere a temperaturii conductoarelor cablului peste valorile admise de întreprinderea constructoare. Se presupune în calcul o densitate uniformă a curentului de scurtcircuit pe secțiunea conductorului.

În lipsa datelor furnizate de întreprinderea constructoare, se indică, informativ, următoarele valori pentru temperatura maximă a conductoarelor de cupru sau de aluminiu ale cablurilor la sfârșitul scurtcircuitului :

- cabluri cu tensiune nominală pînă la 6 kV  
inclusiv : 160°C
- cabluri cu tensiune nominală de 10 ... 20kV : 140°C
- cabluri cu tensiune nominală mai mare decît  
20 kV : 120°C

Cablurile monofazate se verifică, de asemenea, la sollicitări termice prin curenți induși în armătura metalică sau în alte elemente similare, precum și la sollicitări mecanice în condițiile curenților de scurtcircuit, pe baza valorilor admisibile (și ♦ eventual a metodologiei de calcul) indicate de întreprinderea constructoare (a se vedea și normativul PE 107).

**3.6.** Izolatoarele din centralele și stațiile electrice se verifică la sollicitări mecanice în condițiile curenților de scurtcircuit.

La izolatoarele suport sau de trecere care susțin conductoare rigide, se recomandă să se țină seama de mărirea eforturilor datorită oscilațiilor conductoarelor, provocate de forțele electrodinamice.

Coeficientul de siguranță mecanică în condițiile curenților de scurtcircuit ai izolatoarelor de suspensie (în raport cu sarcina medie de rupere) și ai izolatoarelor suport și de trecere (în raport cu sarcina mecanică nominală de ținere) nu trebuie să fie mai mic decît următoarele valori :

- izolatoare de suspensie 2
- izolatoare suport și de trecere 1,25

La izolatoarele suport și de trecere, dacă forțele produse de curenții de scurtcircuit sînt aplicate altfel decît cele de încercare, trebuie să se țină seama de acest fapt, făcîndu-se corelația necesară în calcul.

**3.7.** Armăturile, clemele, piesele de fixare a conductoarelor din centralele și stațiile electrice se verifică la solicitări mecanice și termice. Piesele de racord ale cablurilor de orice tensiune, precum și armăturile și clemele liniilor electrice aeriene cu tensiunea nominală a 110 kV sau mai mare se verifică numai la solicitări termice. Nu este obligatorie verificarea la efectele curenților de scurtcircuit a armăturilor și clemelor aparținînd liniilor aeriene cu tensiunea nominală mai mică de 110 kV.

Coeficientul de siguranță mecanică în raport cu efortul de rupere al elementelor menționate mai sus în condițiile curenților de scurtcircuit nu trebuie să fie mai mic decît valoarea 2. În același timp, eforturile la care sînt supuse aceste elemente în timpul scurtcircuitelor nu trebuie să depășească limita de curgere.

Elementele care sînt parcurse în mod normal de curent (cleme de legătură electrică, piese de racord), inclusiv suprafețele lor de contact, nu trebuie să se încălzească prin trecerea curentului de scurtcircuit mai mult decît conductoarele respective.

Verificarea la efectele termice a elementelor care nu sînt parcurse în mod normal de curent (armături, cleme de legătură mecanică, piese de fixare a conductoarelor) se va face pe baza unei metodologii care va fi stabilită ulterior.

**3.8.** La verificarea solicitărilor mecanice ale conductoarelor flexibile, ale izolatoarelor care susțin conductoare flexibile, ale armăturilor și clemelor corespunzătoare, se consideră că scurtcircuitul se produce în următoarele condiții simultane:

- temperatura conductoarelor  $-5^{\circ}\text{C}$ ;
- conductoarele sînt acoperite cu chiciură;
- există vînt cu o viteză corespunzătoare existenței chiciurii.

Vîntul și chiciura se iau în considerare numai la instalațiile de tip exterior.

#### 4. CALCULUL CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT DE ȘOC ȘI AL CURENTULUI ECHIVALENT TERMIC DE 1 S AL CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT

◆ 4.1. În circuitele de curent alternativ, curentul de scurtcircuit de șoc  $i_{\text{ș}}$  se determină cu relația :

$$i_{\text{ș}} = \alpha \sqrt{2} \cdot I_k''$$

în care :  $\alpha$  este factorul de șoc ;

$I_k''$  — valoarea efectivă inițială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit.

Factorul de șoc se determină cu ajutorul nomogramei din figura 1, în funcție de raportul  $R/X$ , în care  $R$  este partea reală, iar  $X$  coeficientul părții imaginare a impedanței complexe a căii de scurtcircuit de la sursă la locul defectului.

4.2. În circuitele de curent continuu, curentul de scurtcircuit de șoc  $i_{\text{ș}}$  poate fi considerat egal cu curentul de scurtcircuit stabilizat  $I_k$ .

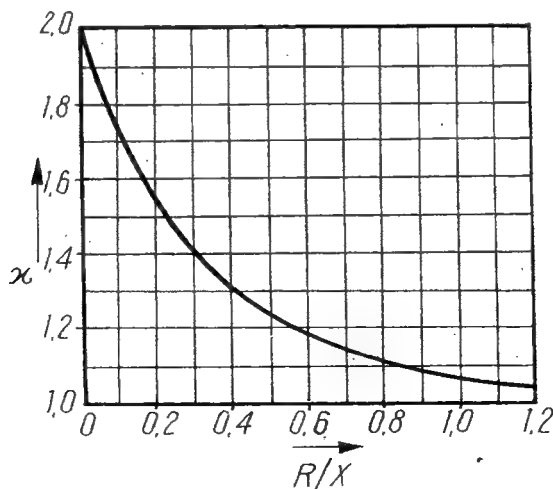


Fig. 1

4.3. La determinarea curentului de scurtcircuit de șoc se recomandă să se țină seama de efectul aparatelor limitatoare de curent (dacă există).

Aparatele limitatoare de curent (întreruptoare rapide de joasă tensiune, siguranțe fuzibile cu mare putere de rupere) întrerup atât de rapid curentul de defect, încît el nu poate atinge valoarea curentului de șoc prezumat, care ar lua naștere în lipsa acestor aparate.

În astfel de cazuri, se consideră drept curent de scurtcircuit de șoc  $i_{\text{ș}}$  valoarea instantanee maximă atinsă de curentul de scurtcircuit pînă în momentul întreruperii (denumită curent de scurtcircuit limitat). Determinarea acestei valori se face pe baza indicațiilor întreprinderii constructoare a aparatului limitator respectiv.

◆ 4.4. În circuitele de curent alternativ, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit  $I_m$  se determină cu relația :

$$I_m = I_k \sqrt{(m + n) \cdot t / 1}$$

în care :  $I_k$  este valoarea efectivă inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit ;

$m$  — un coeficient care ține seama de aportul componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit ;

$n$  — un coeficient care ține seama de variația în timp a componentei periodice ;

$t$  — durata defectului (s).

Factorul 1 la numitor sub radical reprezintă 1 s și asigură omogenitatea relației.

Valoarea coeficientului  $m$  este indicată în figura 2 a, în funcție de durata  $t$  a defectului și de factorul de șoc  $\alpha$ . Valoarea coeficientului  $n$  este indicată în figura 2 b, în funcție de durata  $t$  a defectului și de raportul  $I_k'/I_k$ , în care  $I_k'$  este valoarea efectivă stabilizată a curentului de scurtcircuit.

În cazul ciclurilor cu reanclajare, curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit  $I_m$  este dat de relația :

$$I_m = \sqrt{I_{m_1}^2 + \dots + I_{m_n}^2}$$

în care :  $I_{m1} \dots I_{mn}$  sînt curenții echivalenți termic de 1 s ai curentului de scurtcircuit, determinați pentru intervalele de timp în care circuitul este străbătut de curentul de defect.

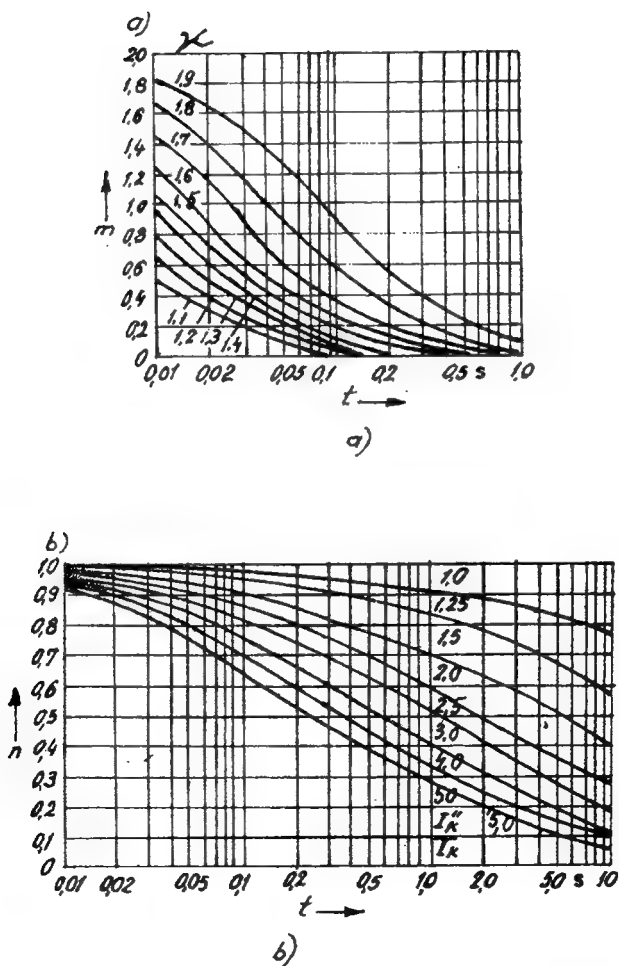


Fig. 2

4.5. În circuitele de curent continuu, curentul echivalent termic de 1 s,  $I_m$ , al curentului de scurtcircuit poate fi determinat aproximativ cu relația :

$$I_m = I_k \sqrt{t/1}$$

în care :  $I_k$  este curentul stabilizat de scurtcircuit.;

$t$  — durata defectului (s).

Factorul 1 la numitor sub radical reprezintă 1 s și asigură omogenitatea relației.

4.6. La determinarea curentului echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit, se recomandă să se țină seama de efectul aparatelor limitatoare de curent (dacă există), pe baza indicațiilor întreprinderii constructoare a acestor aparate.

## 5. CALCULUL ÎNCĂLZIRII CONDUCTOARELOR PARCURSE DE CURENTUL DE SCURT-CIRCUIT

5.1. Temperatura finală a unui conductor la sfârșitul scurtcircuitului, considerînd că fenomenul de încălzire este adiabatic, poate fi determinată cu ajutorul nomogramelor din figura 3, în care :

$\theta_c$  este temperatura inițială a conductorului ( $^{\circ}\text{C}$ ) ;

$\theta_{sc}$  — temperatura finală a conductorului ( $^{\circ}\text{C}$ ) ;

$j_t$  — densitatea de curent la scurtcircuit ( $\text{A}/\text{mm}^2$ ).

5.2. Densitatea de curent la scurtcircuit rezultă din relația :

$$j_t = I_m / s \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

în care:  $I_m$  este curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit (A) ;

$s$  — secțiunea conductorului ( $\text{mm}^2$ ).

În cazul conductoarelor de oțel-aluminiu, se ia în considerare numai secțiunea părții de aluminiu.

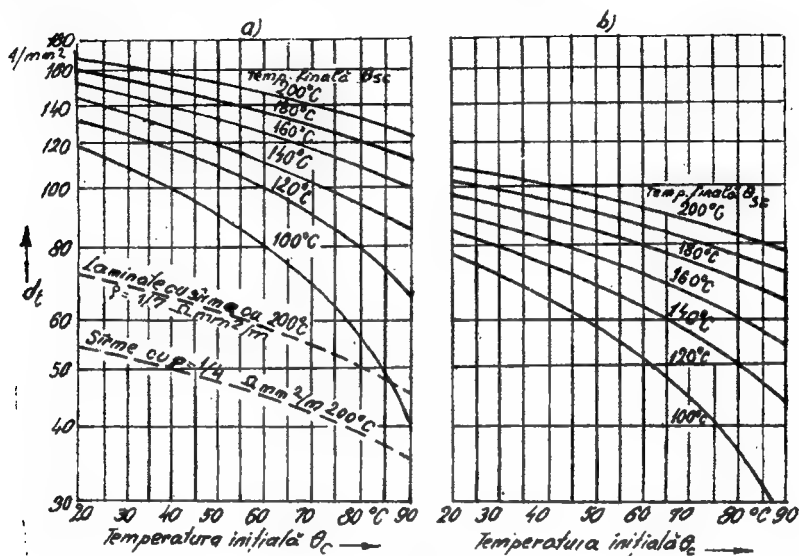


Fig. 3



MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Înteruptoare de înaltă tensiune	PE 111-1/75
		Grupa 1 Electro- energetică
C U P R I N S		
		Pag.
1. Domeniul de aplicare și criteriile de alegere a întrerup- toarelor . . . . .		133
2. Legislația tehnică . . . . .		134
3. Datele necesare pentru proiectare . . . . .		135
4. Principiul de stingere a arcului . . . . .		137
5. Numărul de poli . . . . .		139
6. Condițiile de instalare . . . . .		140
7. Frecvența nominală . . . . .		142
8. Tensiunea nominală . . . . .		142
9. Nivelul de izolație . . . . .		142
10. Curentul nominal . . . . .		143
11. Durata admisibilă nominală a curentului de scurtcircuit . . . . .		143
12. Secvența nominală de manevre . . . . .		144
13. Capacitatea de rupere la scurtcircuit . . . . .		144
14. Sistemul de acționare . . . . .		154
15. Diverse durate de funcționare . . . . .		158
16. Stabilitatea termică . . . . .		160
17. Stabilitatea electrodinamică . . . . .		161
18. Comportarea la defect pe linii (defect kilometric) . . . . .		163
19. Comportarea la întreruperea curenților transformatoarelor în gol . . . . .		163
20. Comportarea la conectarea și deconectarea liniilor aeriene în gol . . . . .		165
Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuiește :	Data intrării în vigoare: 1 dec. 1975

	<u>Pag.</u>
21. Comportarea la conectarea și deconectarea cablurilor în gol	166
22. Comportarea la conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare în derivație . . . . .	168
23. Comportarea la defect consecutiv (defect evolutiv) .	170
24. Comportarea în cazul opoziției de fază . . . . .	170
25. Comportarea la dubla punere la pământ . . . . .	171
26. Comportarea în domeniul curenților critici . . . . .	171
27. Comportarea la întreruperea curenților mici . . . . .	172
28. Detalii constructive . . . . .	172
29. Condițiile de întreținere și exploatare . . . . .	172
30. Zgomotul în timpul funcționării . . . . .	173
Anexe . . . . .	174

## **1. DOMENIUL DE APLICARE ȘI CRITERIILE DE ALEGERE A ÎNTRERUPTOARELOR**

**1.1.** Se aplică la alegerea sau la verificarea întreruptoarelor din stațiile de conexiuni și transformare cu tensiunea nominală mai mare de 1 kV, inclusiv din stațiile aferente centrelor electrice.

Se referă exclusiv la întreruptoarele de putere de curent alternativ cu frecvența de 50 Hz, pentru circuite cu tensiunea nominală mai mare de 1 kV.

Nu se referă la întreruptoarele de tipuri sau cu utilizări speciale, cum sînt cele pentru alimentarea cuptoarelor electrice, cu arc, comutatoarele de prize, acționarea motoarelor de tracțiune electrică, întreruptoare prevăzute a fi utilizate în linii electrice aeriene ce comportă condensatoare în serie etc.

**1.2.** Alegerea întreruptoarelor de înaltă tensiune se face pe baza următoarelor criterii : principiul de stingere a arcului, valorile nominale ale frecvenței, tensiunii (inclusiv nivelul de izolație) și curentului, ciclul de funcționare nominal, duratele proprii de funcționare, capacitatea de rupere și capacitatea de închidere nominale, posibilitatea de manevră în situații speciale (întreruperea curenților mici inductivi, întreruperea curenților capacitivi, funcționarea în domeniul critic, întreruperea curenților mici), funcționarea în situații speciale de defect (defect pe linie, discordanță de fază, defect consecutiv, dublă punere la pământ), stabilitatea termică și electrodinamică la scurtcircuit, condițiile de mediu, sistemul de acționare, detaliile constructive, condițiile de întreținere și de exploatare, zgomotul în timpul manevrării, perturbațiile radioelectrice.

## 2. LEGISLAȚIA TEHNICĂ

### ◆ 2.1. Standarde

**STAS 3686-74.** Întreruptoare de putere pentru tensiuni alternative peste 1 kV. 1. Condiții generale de calitate. 2. Metode de încercare la funcționarea în gol. 3. Metode de încercare a izolației. 4. Metode de încercare la încălzire, în regim nominal de funcționare. 5. Metode de încercări funcționale în sarcină.

**STAS 5081-73.** Aparate electrice de comutație. Terminologie.

**STAS 4195-70.** Dispozitive pentru acționarea întreruptoarelor peste 1 kV.

**STAS 6669-69.** Încercarea echipamentului electric la înaltă tensiune.

**STAS 6489-67.** Rețele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației, nivelurile de izolație și de protecție.

### ◆ 2.2. Prescripții, normative, instrucțiuni

**PE 003/79.** Nomenclatorul de verificări, încercări și probe privind montajul, punerea în funcțiune și darea în exploatare a instalațiilor energetice.

**PE 013/79.** Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice.

**PE 101/77.** Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

**PE 103/70.** Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile de scurtcircuit.

**PE 109/74.** Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

**PE 116/78.** Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice, la punerea în funcțiune și în exploatare.

### 3. DATELE NECESARE PENTRU PROIECTARE

**3.1.** Destinația circuitului primar.

**3.2.** Numărul de faze ale circuitului primar.

**3.3.** Tensiunea nominală a circuitului primar.

**3.4.** Frecvența nominală a rețelei.

**3.5.** Tratarea neutrului rețelei.

**3.6.** Curentul nominal al circuitului primar.

**3.7.** Curentul maxim de durată al circuitului primar (corespunde supraîncărcării de durată admise sau previzibile pentru consumatorii sau linia alimentată).

**3.8.** Timpul de declanșare total al protecției de bază.

**3.9.** Mărimile necesare pentru determinarea capacității de deconectare și de conectare și a stabilității termice și electro-dinamice.

**3.10.** Date necesare în cazul unor condiții de funcționare și de verificare speciale (comportarea la defect kilometric, întreruperea curenților transformatoarelor în gol, comportarea la conectarea și deconectarea liniilor aeriene în gol, comportarea la conectarea și deconectarea cablurilor în gol, comportarea la conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare în derivație, comportarea la defectul consecutiv, comportarea în cazul opoziției de fază).

**3.11.** Date impuse, referitoare la dispozitivul de acționare, ca, de exemplu :

- tensiunea nominală a sursei auxiliare ;
- presiunea nominală a aerului comprimat și limitele admise ;
- puterea maximă admisă a fi consumată de declanșatoarele de închidere și de deschidere ;
- numărul și tipul contactelor auxiliare necesare.

**3.12.** Detalii constructive.

**3.13.** Zona geografică, altitudinea și condițiile climatice.

**3.14.** Catalogul de întreruptoare, cuprinzând cel puțin următoarele date :

**3.14.1.** Principiul de stingere a arcului.

**3.14.2.** Numărul de poli.

**3.14.3.** Frecvența nominală.

**3.14.4.** Tensiunea nominală.

**3.14.5.** Nivelul de izolație.

**3.14.6.** Tipul interior sau exterior.

**3.14.7.** Curentul nominal.

**3.14.8.** Ciclul de funcționare.

**3.14.9.** Capacitatea de funcționare.

**3.14.10.** Capacitatea de conectare.

**3.14.11.** Dispozitivul de acționare.

**3.14.12.** Diversele durate de funcționare.

**3.14.13.** Curentul de stabilitate termică și cel de stabilitate electrodinamică.

**3.14.14.** Detalii constructive și funcționale, descrierea întreruptorului și desenele respective, inclusiv cotele de gabarit, schema electrică și modul de funcționare în detaliu, sistemul de fixare, posibilitățile de montare în diverse poziții a dispozitivului de acționare, greutatea totală și cea a uleiului, sarcini statice și dinamice transmise construcțiilor de susținere, condițiile privind calitatea mediului de stingere a arcului, distanțele minime în aer între poli și între părțile sub tensiune și pământ, limita perimetrului de securitate (dacă se face evacuarea în exterior a gazelor ionizate sau a flăcărilor), tipul, poziția și dimensiunile bornelor, precum și solicitările mecanice admisibile.

— Detalii privitoare la rezistențele de încălzire (dacă există).

— Indicații cu privire la modul de transport.

**3.14.15.** Numărul de manevre în gol, în sarcină și la scurt-circuit, admis între două revizii.

**3.14.16.** Condiții climatice și de altitudine admise.

**3.14.17.** Standardele la care corespunde.

#### 4. PRINCIPIUL DE STINGERE A ARCULUI

Acest element influențează foarte mult calitățile înteruptorului și comportarea sa în diverse situații.

În prezent cele mai cunoscute principii sau medii de stingere a arcului la înteruptoarele de înaltă tensiune sînt următoarele :

- ulei puțin ;
- ulei mult ;
- aer comprimat ;
- hexafluorură de sulf  $SF_6$  ;
- suflaj magnetic ;
- vid.

**4.1. Înteruptoarele cu ulei mult** sînt tot mai puțin folosite în prezent, din cauza pericolului de explozie și de incendiu. În rest ele au o comportare bună în exploatare, iar construcția este simplă și sigură. Vor fi totuși evitate pe cît posibil, rămînînd să fie folosite la posturi de transformare și la stații electrice de importanță redusă, de preferință numai în instalații exterioare.

**4.2. Înteruptoarele cu ulei puțin** sînt foarte răspîndite, pînă la cele mai mari tensiuni și puteri de rupere. Ele sînt de o construcție simplă și robustă, au o foarte bună comportare în exploatare, iar revizia este ușoară și rapidă. Viteza de rupere a arcului fiind moderată, supratensiunile produse sînt mici, cu excepția înteruperii curenților capacitivi, unde se cere o mare viteză de rupere. Comportarea la defect evolutiv este mai slabă. La tensiuni foarte înalte se utilizează sistemul constructiv „baukasten“ (adică se montează în serie elemente, camera de stingere) pentru tensiuni mai reduse, ceea ce ușurează problemele de fabricație, încercare și întreținere. Aceste aparate sînt foarte potrivite pentru condițiile din țara noastră.

**4.3. Înteruptoarele cu aer comprimat** sînt, de asemenea, foarte răspîndite, pînă la cele mai mari tensiuni și puteri de rupere.

Construcția lor este complicată, punînd probleme de fabricație deosebite. În plus, ele necesită o instalație de distribuție a aerului comprimat de mare presiune, care dă adesea dificultăți în exploatare.

Viteza de rupere a arcului fiind foarte mare, există tendința producerii unor supratensiuni importante, în special în cazul micilor curenți inductivi. Comportarea la întreruperea curenților capacitivi și la defectul evolutiv este foarte bună, dar apar probleme la întreruperea defectului pe linie. La tensiuni foarte înalte se utilizează sistemul baukasten, fiind necesare mai puține elemente în serie decît în cazul aparatelor cu ulei puțin.

În prezent se fac cercetări pentru utilizarea aerului comprimat la presiune foarte mare (circa 80 bar), ceea ce ameliorează mult puterea de rupere și nivelul de izolație.

Pentru condițiile din țara noastră, aparatele cu aer comprimat pot fi folosite la puteri de rupere foarte mari sau în condiții de funcționare speciale, în care se comportă mai bine decît alte tipuri de întreruptoare.

**4.4. Întreruptoarele cu hexafluorură de sulf  $\text{SF}_6$**  se răspîndesc tot mai mult, datorită calităților lor excepționale. Acestea se bazează pe proprietățile gazului  $\text{SF}_6$ , a cărui rigiditate dielectrică la presiunea atmosferică este de 2—3 ori mai mare decît a aerului, iar la circa 3 bar este egală cu cea a uleiului.

La presiunea atmosferică, capacitatea sa de stingere a arcului este mult mai mare decît cea a aerului și crește repede cu presiunea. Viteza de refacere a rigidității dielectrice este, de asemenea, mult mai mare decît în cazul aerului. Întreruptoarele cu hexafluorură de sulf se comportă bine la toate situațiile speciale (defect pe linie și defect evolutiv, întreruperea micilor curenți inductivi și capacitivi).

**4.5. Întreruptoarele cu suflaj magnetic** se fabrică în prezent pentru tensiuni medii. Ele sînt simple, robuste, se comportă bine în exploatare și necesită lucrări de întreținere reduse.

La curenți mici, efectul de suflaj magnetic este insuficient pentru ruperea arcului. De aceea pentru întreruperea curenților mici se prevăd dispozitive suplimentare, de exemplu un sistem simplu de suflaj cu aer.



**4.6. Înteruptoarele cu vid** se bazează pe marea rigiditate dielectrică a vidului înaintat ( $10^{-2}$ — $10^{-3}$  Pa). În vid arc se stinge de la sine, chiar înainte de trecerea curentului prin zero.

Timpul de întrerupere este mai mic decât două perioade, iar rigiditatea dielectrică se reface extrem de repede. Tăierea rapidă a curentului produce supratensiuni mari, atât la sarcina nominală, cât mai ales la întreruperea micilor curenți inductivi.

Se evită aceasta prelungind durata arcului, prin menținerea unui echilibru delicat al nivelului de vaporizare a electrozilor în timpul arderii arcului.

Materialul electrozilor este cel mai important parametru în vederea unor performanțe superioare.

Comportarea este bună la toate tipurile de defecte, precum și la deconectarea bateriilor de condensatoare.

Datorită simplității aparatelor, se reduc mult lucrările de întreținere. Înteruptoarele cu vid sînt încă la începutul evoluției lor, fiind deocamdată foarte puțin răspîndite.

Pentru întreruptoarele cele mai răspîndite este indicată o comparație tehnică.

## 5. NUMĂRUL DE POLI

În principiu, întreruperea circuitelor cu tensiunea mai mare de 1 kV se face la toate conductoarele active ale circuitului. Aceasta se poate realiza cu un singur întreruptor multipolar (tripolar în cazul circuitelor trifazate) sau cu un număr corespunzător de întreruptoare monopolare.

Înteruptoarele monopolare, avînd dispozitiv de acționare pentru fiecare pol, se folosesc obligatoriu la tensiuni foarte înalte, unde, din cauza distanței mari dintre poli, nu se poate realiza o transmisie mecanică comună de la un singur dispozitiv de acționare. Ele se folosesc, de asemenea, în cazul circuitelor cu reanclanșarea automată monofazată, la care este necesar în general cîte un dispozitiv de acționare pentru fiecare pol.

## 6. CONDIȚIILE DE INSTALARE

### 6.1. Altitudinea

Înteruptoarele își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții până la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari, dacă nu se poate dispune de indicațiile întreprinderii constructoare, se vor utiliza factorii de corecție din tabelul 1.

◆ Tabelul 1

Altitudinea maximă, m	Factorul de corecție al tensiunii nominale	Factorul de corecție al tensiunii de încercare
1 000	1,00	1,00
1 400	0,95	1,05
3 000	0,80	1,25

### 6.2. Tipul interior sau exterior

**6.2.1.** Se vor alege înteruptoare de interior în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau într-un adăpost, unde izolația este protejată împotriva ploii, a zăpezii, a depozitelor anormale de praf, a condensării anormale (inclusiv roua și chiciura), la nevoie prin încălzirea și ventilarea încăperii. În celelalte cazuri se vor alege înteruptoare de exterior, special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decât tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

**6.2.2.** Se va evita instalarea în interior a înteruptoarelor cu ulei mult. Se admite însă montarea în interior a celor cu ulei puțin.

### 6.3. Caracteristicile mediului ambiant

6.3.1. În condițiile din România se va lua în considerare următorul domeniu de temperaturi, pentru mediul în care se amplasează întreruptoarele :

- valoarea maximă absolută  $+40^{\circ}\text{C}$
- valoarea maximă a mediei de 24 ore  $+35^{\circ}\text{C}$
- valoarea minimă absolută :
- pentru condiții normale    în exterior :  $-30^{\circ}\text{C}$   
  în interior :  $-5^{\circ}\text{C}$
- pentru condiții severe      în exterior :  $-50^{\circ}\text{C}$   
  în interior :  $-20^{\circ}\text{C}$

Pentru cazurile în care caracteristicile reale ale mediului se pot găsi în afara domeniilor indicate, este necesară consultarea întreprinderii constructoare.

6.3.2. Umiditatea relativă a aerului în locul de montare a întreruptorului nu trebuie să depășească pe cea pentru care este garantată buna funcționare a acestuia. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

La alegerea întreruptorului, se va observa ca umiditatea relativă reală să nu depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare sau de standardul corespunzător. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

6.3.3. Depunerile de umiditate pe întreruptoarele de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu se poate realiza, se va recurge la condiționarea aerului sau se vor alege întreruptoare de tip exterior.

Pentru o bună funcționare a întreruptoarelor, în condițiile climatice din țara noastră, se recomandă ca stratul de gheață să fie sub  $5 \text{ kg/m}^2$ .

6.3.4. Impurificările atmosferice în cazul întreruptoarelor de exterior de fabricație curentă trebuie să fie suficient de reduse, pentru a nu prezenta pericole deosebite.

6.3.5. Presiunea vântului pe aparatele de exterior se determină cu relația :

$$P = 0,7 \frac{v_{\text{max}}^2}{16} \text{ [daN/m}^2\text{]},$$

în care :

$V_{\max}$ . este viteza maximă a vîntului, m/s.

Se determină în raport cu condițiile climatice locale, conform normativului PE 101.

Valoarea astfel obținută nu trebuie să depășească  $700 \text{ N/m}^2$ .

## **7. FRECVENȚA NOMINALĂ**

Frecvența nominală, pentru tensiunea de alimentare a întreruptorului, va fi de 50 Hz.

## **8. TENSIUNEA NOMINALĂ**

8.1. Tensiunea nominală a întreruptorului trebuie să corespundă următoarelor valori :

(3, 6); 7, 2; 12; (17, 5); 24; (30); (36); (42); (72, 5); 123; 245; 420 kV.

Valorile din paranteză se vor evita pe cît posibil.

## **9. NIVELUL IZOLAȚIEI**

9.1. Tensiunile de încercare vor fi cele prevăzute în STAS 3686-74.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m, se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderea constructoare. În lipsa acestora, se pot folosi indicațiile din tabelul 1.

◆ 9.2. Lungimea liniei de conturare pe suprafața izolaatoarelor, în funcție de gradul de poluare a atmosferei, este indicată în normativul PE 109.

## 10. CURENTUL NOMINAL

**10.1.** Curentul nominal al întreruptorului va îndeplini condiția :

$$I_{md} \leq I_n,$$

în care :

$I_n$  este curentul nominal al întreruptorului ;

$I_{md}$  — curentul maxim de durată al circuitului.

În principiu, se va alege valoarea standardizată minimă care satisface condiția de mai sus, ținându-se seama și de perspectivele de viitor.

Dacă întreruptorul este destinat să funcționeze în alte condiții de altitudine sau climatice decît cele de referință, se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

**10.2.** Curentul nominal în serviciu continuu al întreruptorului va avea una dintre următoarele valori : 400, 630, 800, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000, 6 300 A.

**10.3.** Dacă circuitul este străbătut de curenți de durată limitată, mai mari decît curentul maxim de durată  $I_{md}$  (suprasarcini intermitente), se va consulta de asemenea întreprinderea constructoare.

## 11. DURATA ADMISIBILĂ NOMINALĂ A CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT

Durata admisibilă nominală a curentului de scurtcircuit este acel timp în care întreruptorul fiind închis poate suporta un curent egal cu capacitatea sa de rupere nominală la scurtcircuit.

Valoarea standardizată a duratei admisibile nominale a curentului de scurtcircuit este egală cu o secundă.

Dacă este necesară o valoare superioară valorii de 1 s, se recomandă valoarea de 3 s.

Prevederile de mai sus nu se referă la întreruptoare echipate cu declanșatoare primare maxime de curent.

## 12. SECVENȚA NOMINALĂ DE MANEVRE

Există două variante de secvențe nominale de manevră corespunzând următoarelor formule :

A)  $D-t-ID-t'-ID$ .

B)  $ID-t''-ID$ .

În absența unor indicații privind intervalele se consideră :

a)  $t = 3$  min, pentru întreruptoare care nu sînt destinate funcționării în regim de reanclanșare automată rapidă (RAR), și  $t = 0,3$  s, pentru întreruptoare care sînt destinate funcționării în regim RAR (durata de rupere — stabilire) ;

b)  $t' = 3$  min ;

c)  $t'' = 15$  s, pentru întreruptoare care nu sînt destinate funcționării în regim de RAR.

În formulele de mai sus :

D reprezintă operația de deschidere ;

ID reprezintă o operație de închidere urmată imediat (astfel spus, fără o întârziere intenționată) de o operație de deschidere ;

$t, t', t''$  reprezintă intervalele de timp dintre două operații succesive ;

$t$  și  $t'$  trebuie să fie exprimate întotdeauna în minute sau în secunde ;

$t''$  trebuie să fie exprimat întotdeauna în secunde.

Dacă pauza de curent este reglabilă, limitele de reglaj trebuie să fie specificate.

## 13. CAPACITATEA DE RUPERE

### 13.1. Definiții

**13.1.1. Tensiunea de restabilire** la frecvența rețelei (sau prescurtat tensiunea de restabilire) este valoarea eficace a unei de tensiune fundamentale (la frecvența rețelei), care reapare la bornele întreruptorului după stingerea arcului la toți polii.

Tensiunea de restabilire poate fi măsurată :

— fie între borna de intrare și de ieșire a fiecărui pol ;  
la întreruptoarele multipolare se indică o singură valoare, și  
anume media valorilor de pe fiecare fază ;

— fie între bornele de intrare ale polilor (la întreruptoarele multipolare). Această valoare rezultă din cea precedentă (media valorilor dintre bornele de intrare și de ieșire) prin multiplicarea cu un coeficient care depinde de numărul de poli și de faze (de exemplu,  $\sqrt{3}$  în cazul întreruptoarelor tripolare din circuitele trifazate).

Notînd cu  $V_1$ ,  $V_2$  și  $V_3$  valorile duble ale amplitudinilor, tensiunea de restabilire  $U_r$  se determină cu relația :

$$U_r = \sqrt{3} \frac{1}{3} \left( \frac{V_1}{2\sqrt{2}} + \frac{V_2}{2\sqrt{2}} + \frac{V_3}{2\sqrt{2}} \right).$$

Tensiunea de restabilire nu trebuie să depășească tensiunea maximă de lucru a întreruptorului.

**13.1.2. Curentul simetric întrerupt** este valoarea eficace a componentei periodice (alternative) a curentului în momentul separării contactelor. El are valoarea :

$$I_{pr} = \frac{m}{2\sqrt{2}}$$

În cazul întreruptoarelor care întrerup atît de rapid, încît curentul nu poate fi determinat conform figurii 1, sau care reduc sensibil valoarea curentului întrerupt, se definește curentul simetric întrerupt virtual. El reprezintă valoarea curentului propriu al circuitului, dacă nu ar exista întreruptorul, determinată în momentul în care ar trebui să se facă separarea contactelor.

Curentul de rupere simetric nominal este valoarea maximă a curentului simetric întrerupt, garantată de întreprinderea constructoare în anumite condiții de referință. Este denumit uneori impropriu putere de rupere simetrică nominală.

**13.1.3. Curentul asimetric întrerupt** este valoarea eficace a curentului asimetric (total), în momentul separării contactelor. El are valoarea :

$$I_r = \sqrt{I_{pr}^2 + I_{cr}^2} = \sqrt{\left(\frac{m}{2\sqrt{2}}\right)^2 + n^2},$$

în care :

$I_{pr}$  este valoarea eficace a componentei periodice (alternative) întrerupte ;

$I_{cr}$  — valoarea componentei continue întrerupte.

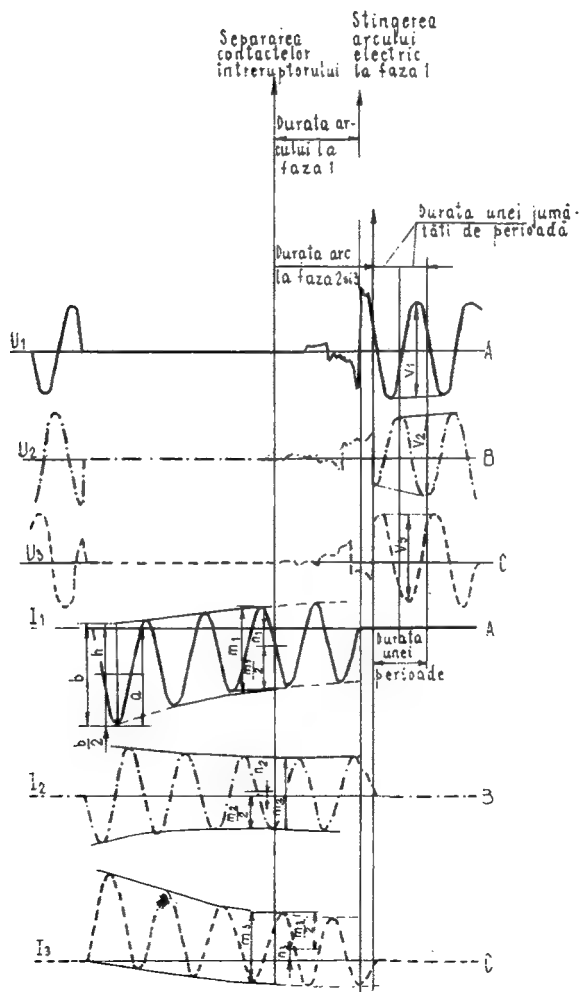


Fig. 1. Variația tensiunii și a curentului în cazul unui scurtcircuit la bornele întreruptorului.



În cazul întreruptoarelor care întrerup atât de rapid, încît curentul nu poate fi determinat conform figurii 2, sau care reduc sensibil valoarea curentului întrerupt, se definește curentul asimetric întrerupt virtual. El reprezintă valoarea curentului propriu al circuitului dacă nu ar exista întreruptorul, determinată în momentul în care ar trebui să se facă separarea contactelor.

Cînd componenta continuă  $I_{cr}$  reprezintă mai puțin de 20%, din  $\sqrt{2} I_{pr}$ , ea poate fi în general neglijată.

Curentul de rupere asimetric nominal este valoarea maximă a curentului asimetric întrerupt, garantată de între-

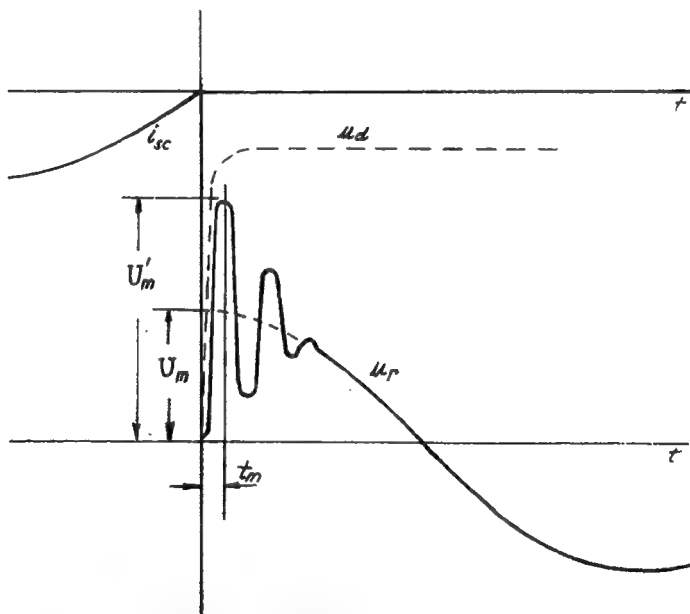


Fig. 2. Tensiunea tranzitorie de restabilire (prezentare schematică) în cazul unei singure frecvențe :

$i_{sc}$  — curentul de scurtcircuit;  $u_r$  — valoarea instantanee a tensiunii de restabilire;  $U_m$  — valoarea de vîrf a tensiunii de restabilire;  $U'_m$  — valoarea de vîrf a tensiunii tranzitorii de restabilire;  $t_m$  — semiperioada tensiunii tranzitorii de restabilire;  $u_d$  — valoarea instantanee a rigidității dielectrice a intervalului dintre contactele întreruptorului.

prinderea constructoare pentru oricare pol al întreruptorului, în anumite condiții de referință. Este denumit uneori impropriu puterea de rupere asimetrică nominală.

**13.1.4. Puterea simetrică întreruptă** se definește prin relația :

$$P_{pr} = k U_r \cdot I_{pr},$$

în care :

$U_r$  este tensiunea de restabilire (între bornele de intrare în cazul întreruptoarelor multipolare) ;

$I_{pr}$  — curentul simetric întrerupt ;

$k$  — factorul de fază ; pentru întreruptoare monopolare și bipolare în circuite monofazate,  $k = 1$ , iar pentru întreruptoarele tripolare în circuite trifazate,  $k = 3$ .

**Puterea de rupere simetrică nominală** este valoarea maximă a puterii simetrice întrerupte, garantată de întreprinderea constructoare în anumite condiții de referință.

Ea are expresia :

$$P_{prn} = K U_r \cdot I_{prn},$$

în care :

$I_{prn}$  este curentul de rupere simetric nominal.

**13.1.5. Puterea asimetrică întreruptă**  $P_r$  și **puterea de rupere asimetrică nominală**  $P_{prn}$  sînt mărimi determinate în aceleași condiții ca la pct. 13.1.4., înlocuind pe  $I_{pr}$  și  $I_{prn}$  cu  $I_r$  și  $I_{rn}$ , unde :

$I_r$  este curentul asimetric întrerupt (pe faza unde valoarea sa este maximă) ;

$I_{rn}$  — curentul de rupere asimetric nominal.

**13.1.6. Tensiunea tranzitorie de restabilire** este tensiunea tranzitorie care apare în bornele fiecărui pol al întreruptorului imediat după stingerea arcului.

Tensiunea tranzitorie de restabilire se consideră ca suma a două componente : una periodică cu frecvența rețelei (tensiunea de restabilire) și alta tranzitorie, care poate fi oscilatorie (cu una sau mai multe frecvențe), neoscilatorie sau combinată, în funcție de caracteristicile rețelei și ale întreruptorului.

Tensiunea tranzitorie de restabilire poate fi definită numeric fie prin însăși curba respectivă, fie printr-o serie de parametri. În cazul unei singure frecvențe, acești parametri sînt :

— Factorul de amplitudine :  $K = \frac{U'_m}{U_m}$

— Frecvența de oscilație :  $f' = \frac{1\,000}{2\,t_m} [\text{kHz}]$

— Viteza de creștere :  $v \cong \frac{U'_m}{t_m} [\text{V}/\mu\text{s}]$

unde :

$U_m$  este valoarea de vîrf a tensiunii de restabilire la frecvența rețelei, V. Se determină cu relația :  $U_m = 2\,U_r$  ( $U_r$  fiind valoarea eficace a tensiunii de restabilire) ;

$U'_m$  — valoarea de vîrf a tensiunii tranzitorii de restabilire, V ;

$t_m$  — intervalul de timp în care tensiunea de restabilire trece de la valoarea zero la valoarea de vîrf,  $\mu\text{s}$ .

În afară de valorile  $U_m$  și  $K$ , este suficient să se indice numai una dintre valorile  $f'$  sau  $v$ .

Tensiunea tranzitorie de restabilire de referință reprezintă acea tensiune tranzitorie de restabilire pentru care este garantată puterea de rupere a înteruptorului, pe bază de încercări.

În general, circuitele de încercare a puterii de rupere folosite în prezent comportă o singură frecvență a tensiunii tranzitorii de restabilire. Forma acestei tensiuni este definită de relația :

$$u_r = U_m (1 - e^{-\alpha t} \cos 2\pi f' t),$$

în care :

$u_r$  este valoarea instantanee a tensiunii tranzitorii de restabilire, V ;

$U_m$  — valoarea de vîrf a tensiunii de restabilire la frecvența rețelei, V ;

- $f'$  — frecvența oscilației, Hz ;  
 $t$  — timpul, s ;  
 $\alpha$  — coeficientul de amortizare.

Cunoscând valorile  $U_m$ ,  $f'$  și  $\alpha$ , se pot calcula  $K$  și  $v$ , iar cunoscând valorile  $U_m$ ,  $K$  și  $f'$  (sau  $v$ ) se poate calcula  $\alpha$ .

## 13.2. Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit

**13.2.1. Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit** este curentul de scurtcircuit cel mai mare pe care întreruptorul trebuie să fie capabil să-l întrerupă în condițiile de utilizare de funcționare prescrise în STAS 3686-74, într-un circuit în care tensiunea de restabilire de frecvență industrială corespunde tensiunii nominale a aparatului, iar tensiunea tranzitorie de restabilire corespunde valorilor nominale.

În cazul existenței unui acord între producător și beneficiar se va ține seama și de specificația referitoare la defectul kilometric.

Capacitatea de rupere nominală la scurtcircuit se exprimă prin două valori ale curentului de rupere, măsurate în momentul separării contactelor :

- valoarea eficace a componentei sale periodice ;
- procentajul componentei aperiodice.

Întreruptorul trebuie să fie capabil, în condițiile indicate mai jos și în limitele capacității sale de rupere nominale la scurtcircuit, să rupă toți curenții de scurtcircuit care au o componentă periodică oarecare, dar care nu depășește valoarea sa nominală, și un procentaj al componentei aperiodice oarecare, dar care nu depășește valoarea specificată.

Capacitatea de rupere a unui întreruptor la diferite tensiuni de serviciu se determină după cum urmează :

- pentru tensiuni inferioare tensiunii nominale, întreruptorul trebuie să aibă capacitatea de rupere egală cu capacitatea sa de rupere nominală la scurtcircuit ;
- pentru tensiuni superioare tensiunii nominale, nu se garantează nici o capacitate de rupere în afară de cele prevăzute în STAS 3686-74, pct. 4.12. (capacitatea de rupere nominală în cazul discordanței de fază).

Componenta periodică a capacității de rupere nominale la scurtcircuit trebuie să aibă una dintre următoarele valori : 6,3 ; 8 ; 10 ; 12,5 ; 16 ; 20 ; 25 ; 31,5 ; 40 ; 50 ; 63 ; 80 și 100 kA.

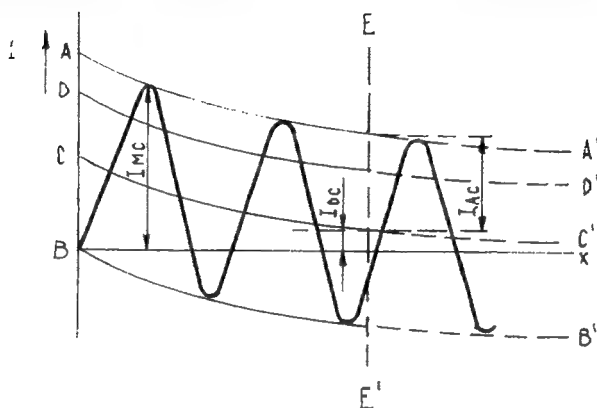


Fig. 3. Determinarea curentului de închidere și de rupere a procentajului componentei aperiodice :

AA', BB' — înfășurătoarea curentului; B<sub>x</sub> — linia de mijloc;  
CC' — deplasarea liniei de zero pentru unda de curent;  
DD' — valoarea eficace a componentei periodice a curentului măsurată plecîndu-se de la CC'; EE' — momentul separării contactelor; I<sub>MC</sub> — curentul de închidere; I<sub>AC</sub> — valoarea de vîrf a componentei periodice a curentului la momentul EE'; I<sub>DC</sub> — componenta aperiodică a curentului la momentul EE';

$$\frac{I_{DC}}{I_{AC}} \times 100 \text{ — procentajul componentei aperiodice.}$$

Valoarea procentajului componentei aperiodice se va determina după cum urmează :

— Pentru un întreruptor care poate fi declanșat de un curent de scurtcircuit fără ajutorul unei forme oarecare de energie auxiliară, procentajul componentei aperiodice trebuie să corespundă unui interval de timp  $\tau$  egal cu durata minimă de deschidere a întreruptorului (fig. 3 și 4).

— Pentru un întreruptor care nu poate fi declanșat fără ajutorul unei forme oarecare de energie auxiliară, procentajul componentei aperiodice trebuie să corespundă unui interval de timp egal cu durata de deschidere minimă a întreruptorului la care se adaugă o semiperioadă din frecvența nominală (0,01 s).

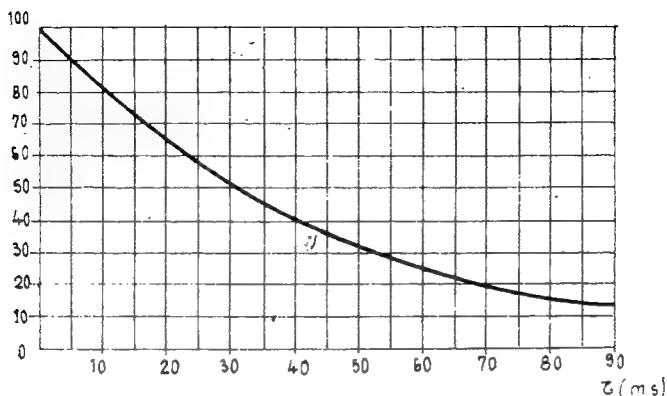


Fig. 4. Procentajul componentei aperiodice în funcție de timpul  $\tau$

Durata minimă de deschidere menționată este cea mai scurtă durată de deschidere a întreruptorului care poate să apară, indiferent de condițiile de funcționare, precum și în manevra de rupere a unui ciclu de manevre stabilire-rupere.

### 13.3. Condiții suplimentare

**13.3.1. Configurația circuitului** în care este montat întreruptorul trebuie să corespundă celei indicate de întreprinderea constructoare, la care s-au făcut încercările de rupere. În lipsa oricărei indicații, se poate presupune că puterea de rupere nominală corespunde următoarelor tipuri de circuite:

- întreruptoare monopolare: circuit monofazat cu un singur conductor activ și întoarcerea printr-un conductor legat la pământ;
- întreruptoare bipolare: circuit monofazat cu două conductoare izolate față de pământ;
- întreruptoare tripolare: circuit trifazat cu trei conductoare izolate.

Tratarea neutrului rețelei trebuie să corespundă celei indicate de întreprinderea constructoare. În lipsa oricărei indicații, se poate presupune că puterea de rupere este garantată, indiferent de tratarea neutrului.

**13.3.2. Tensiunea de restabilire** nu trebuie să depășească tensiunea maximă de lucru a întreruptorului.

Se menționează că în cazul întreruptoarelor tripolare, la un scurtcircuit trifazat, polul care întrerupe primul este supus, în general, unei tensiuni de restabilire cu 50% mai mari decât tensiunea de restabilire pe fază, adică :

$$U_r' = \frac{1,5}{\sqrt{3}} U_r,$$

în care :

$U_r'$  este tensiunea de restabilire dintre bornele polului care întrerupe primul ;

$U_r$  — tensiunea de restabilire între bornele de intrare ale polilor (între faze).

În rețelele de înaltă și de foarte înaltă tensiune (110 kV sau mai mult) cu neutrul legat direct la pământ, se poate presupune că nu sînt de prevăzut scurtcircuite trifazate fără punere la pământ. La întreruptoarele instalate în aceste rețele, se poate ține seama de faptul că tensiunea de restabilire la bornele polului care întrerupe primul nu depășește cu mai mult de 30% tensiunea de restabilire pe fază, adică :

$$U_r' = \frac{1,3}{\sqrt{3}} U_r$$

STAS 3686-74 ține seama de aceasta.

**13.3.3. Tensiunea tranzitorie de restabilire** proprie rețelei în punctul de instalare a întreruptorului nu trebuie să depășească în nici un moment tensiunea tranzitorie de restabilire de referință a întreruptorului, pentru care este garantată capacitatea de rupere. Comparăția se poate face prin două metode :

— Suprapunerea celor două curbe ale tensiunii tranzitorii de restabilire și factorul de amplitudine.

— Viteza de creștere (sau frecvența de oscilație).

**13.3.4. Factorul de putere al circuitului** întrerupt (definit ca media factorilor de putere ai fiecărei faze) nu trebuie să fie mai mic decât cel indicat de întreprinderea constructoare. În lipsa acestei indicații, se consideră valoarea minimă admisă egală cu 0,15.

**13.3.5. Frecvența rețelei** în momentul întreruperii nu trebuie să difere de frecvența nominală a întreruptorului cu o valoare mai mare decât abaterea admisă de întreprinderea constructoare.

**13.3.6. Ciclul de funcționare** nu va fi mai sever decât cel prevăzut de întreprinderea constructoare.

În cazul întreruptoarelor cu reanclanșare automată, se va ține seama de eventuala scădere a puterii de rupere în cursul ciclului de funcționare.

**13.3.7. Curentul întrerupt și tensiunea de restabilire** depind de **intervalul de timp dintre începutul scurtcircuitului și momentul separării contactelor**. Acest interval include o eventuală temporizare intenționată, obținută cu ajutorul releelor.

Pentru a ține seama de eventualitatea unei declanșări rapide datorită nefuncționării sistemului de temporizare, se recomandă să se ia în considerare numai următoarele durate :

— pentru o singură operație de declanșare, durata de deschidere a întreruptorului ;

— pentru o operație de anclanșare urmată de o operație de declanșare, durata de stabilire-deschidere a întreruptorului.

În cazul întreruptoarelor la care declanșarea se face printr-o sursă de energie auxiliară, timpii menționați se vor majora cu 0,01 s, pentru a ține seama de o durată minimă de funcționare a releelor. Această majorare nu trebuie făcută la întreruptoarele declanșate chiar de curentul de scurtcircuit, fără sursă de energie auxiliară (cazul releelor primare directe).

## 14. SISTEMUL DE ACȚIONARE

### 14.1. Principiul de acționare

**14.1.1.** Întreruptoarele vor fi prevăzute de regulă cu dispozitive de acționare mecanice.

Dispozitivele de anclanșare manuale cu funcțiuni operative se admit numai în cazuri excepționale, la întreruptoare cu tensiuni și capacități de închidere reduse.



Chiar în astfel de cazuri se va adopta închiderea independentă, la care viteza de închidere a întreruptorului nu depinde de viteza și de forța de acționare.

Anclanșarea manuală dependentă, la care viteza de închidere a întreruptorului depinde de operator, va fi evitată sau folosită numai la tensiuni și capacități de închidere reduse (curenți stabiliți până la 10 kA și puteri de scurtcircuit până la 100 MVA la 6,10 și 20 kV).

**14.1.2.** Un întreruptor anclanșat trebuie să posede în toate cazurile în el însuși sau în dispozitivul de acționare o energie suficientă pentru realizarea declanșării, fără a se utiliza altă energie exterioară decât cea necesară pentru funcționarea declanșatoarelor, adică a acelor dispozitive care eliberează energia pentru anclanșare sau declanșare (bobine de acționare, electrovalve etc.) și a releelor.

În cazul particular în care stingerea arcului se face cu aer comprimat, condiția de mai sus este considerată îndeplinită dacă întreruptorul posedă un rezervor individual de aer comprimat și un dispozitiv de blocare, care să împiedice declanșarea dacă presiunea în rezervor este insuficientă.

**14.1.3.** Acționarea neoperativă (circuitul primar nefiind sub tensiune) la montaj, verificare sau în caz de avarie a circuitelor de alimentare (electrice sau cu aer comprimat) trebuie să fie totdeauna posibilă.

## **14.2. Ciclul de funcționare**

**14.2.1.** Dispozitivul de acționare trebuie să poată asigura ciclul de funcționare pentru care este garantat întreruptorul.

**14.2.2.** În cazul dispozitivelor de acționare cu acumulare de energie, acumularea trebuie să fie suficientă pentru a realiza în bune condiții ciclul de funcționare.

## **14.3. Comanda anclanșării și a declanșării**

**14.3.1.** La dispozitivele de acționare cu resort, comanda armării resortului (resorturilor) trebuie să se facă electric, voit (de la distanță și de la fața locului), dar de preferință automat (imediat după destinderea resorturilor prin declanșare).

La dispozitivele de acționare cu fluide sub presiune, comanda pornirii și a opririi compresorului trebuie să se facă automat.

**14.3.2.** Comanda declanșării de la fața locului trebuie să fie totdeauna posibilă.

## 14.4. Tensiunile nominale

**14.4.1.** Alimentarea motoarelor pentru armarea resorturilor (în cazul dispozitivelor de acționare cu resort) sau a motoarelor compresoarelor (în cazul dispozitivelor de acționare cu fluide sub presiune) se va face de preferință în curent alternativ, la următoarele tensiuni nominale :

- curent alternativ monofazat de 220 V ;
- curent alternativ trifazat de 380 V.

Motoarele trebuie să funcționeze bine la tensiuni de alimentare cuprinse între 85 și 110% din valoarea nominală și la frecvențe cuprinse între 90 și 105% din valoarea nominală.

**14.4.2.** La dispozitivele de acționare electromagnetice, alimentarea bobinei de anclanșare trebuie să se facă în curent continuu la tensiunea de 110 sau de 220 V.

Dispozitivele trebuie să funcționeze bine la tensiuni de alimentare cuprinse între 85 și 110% din valoarea nominală.

**14.4.3.** Declanșatoarele de închidere și de deschidere, adică acele dispozitive care eliberează energia pentru anclanșare sau declanșare (electromagnet de declichetare, electrovalve), trebuie să fie alimentate în curent continuu la următoarele tensiuni nominale : 24, 28, 110 și 220 V.

Conform STAS 4195-70, declanșatoarele trebuie să funcționeze bine la tensiuni de alimentare cuprinse între următoarele limite (procente din valoarea nominală) :

- declanșatoare de închidere : 85 și 110% ;
- declanșatoare de deschidere : 70 și 115%.

## 14.5. Presiunile nominale ale aerului comprimat

**14.5.1.** Presiunea nominală a aerului comprimat, în cazul întreruptoarelor care utilizează acest mijloc pentru stingerea arcului sau pentru acționare, trebuie coordonată în principiu

cu cea a aerului comprimat necesar pentru acționarea altor aparate sau pentru alte scopuri. Se va căuta reducerea la minimum a numărului de presiuni nominale diferite, existente într-o centrală sau stație.

**14.5.2.** Limitele de variație admisibile ale presiunii de alimentare se stabilesc în principiu de către întreprinderea constructoare.

Se va acorda atenție coordonării acestor limite admisibile în cazul distribuțiilor de aer comprimat care servesc mai multor scopuri sau alimentează aparate de tipuri diferite.

## 14.6. Circuitele auxiliare

**14.6.1.** Circuitele auxiliare ale întreruptoarelor trebuie să reziste timp de 1 min. la încercarea cu tensiune de frecvență industrială, având următoarele valori eficace :

— între diferitele circuite și între circuite și masă (încercare cu frecvență de 50 Hz) : 2 000 V ;

— între spirele bobinelor de curent alternativ (încercarea cu frecvență de 100—150 Hz) : 3,5  $U_n$  (V) ;

— între spirele bobinelor de curent continuu (încercare cu frecvență de 100—150 Hz) : 2,5  $U_n$  (V), în care  $U_n$  este tensiunea nominală a circuitelor auxiliare.

**14.6.2.** Consumul declanșatoarelor de închidere și de deschidere trebuie să fie cât mai redus. El trebuie să fie corelat cu capacitatea de închidere a contactelor aparatelor de comandă (comutatoare sau butoane de comandă, relee intermediare, relee de protecție).

**14.6.3.** Se recomandă ca dispozitivul de acționare să posede contacte de blocaj împotriva anclanșărilor repetate (pompa).

În locul blocajului electric împotriva anclanșărilor repetate, se admit blocaje mecanice sau pneumatice cu funcționare sigură. În caz extrem se poate realiza un blocaj printr-un releu intermediar, separat de întreruptor, conectat de preferință astfel, încât să nu lungească timpul de declanșare.

## 15. DIVERSELE DURATE DE FUNCȚIONARE

**15.1. Durata de deschidere** (denumită în STAS 3686-74 timp propriu de deschidere, iar în STAS 5081-73 întârziere de declanșare) se definește în funcție de modul de declanșare a întreruptorului (fig. 5) :

a) Dacă declanșarea se face printr-o sursă de energie auxiliară : intervalul de timp dintre momentul aplicării sursei de energie auxiliară asupra dispozitivului de declanșare al tuturor polilor (întreruptorul fiind anclanșat) și momentul separării contactelor la toți polii.

b) Dacă declanșarea se face cu ajutorul curentului de scurtcircuit, fără o sursă de energie auxiliară : intervalul de timp dintre momentul în care curentul de scurtcircuit este stabilit în toate fazele (întreruptorul fiind anclanșat) și momentul separării contactelor la toți polii.

În ambele cazuri se consideră că eventualele dispozitive de temporizare care fac parte integrantă din întreruptor sînt reglate la timpul minim sau, dacă este posibil, sînt scoase complet din funcțiune.

La întreruptoarele cu rezistențe sau condensatoare intercalate în paralel, durata de deschidere se definește pînă la separarea contactelor principale.

**15.2. Durata de rupere** (denumită în STAS 3686-74 timp de deschidere, iar în STAS 5081-73 durata de declanșare electrică) se definește la fel ca durata de deschidere, dar pînă în momentul stingerii arcului la toți polii după deschiderea tuturor contactelor.

Durata de rupere intră în componența timpului de declanșare totală. Întrucît se dorește în general ca acest timp să fie cît mai redus, durata de rupere trebuie să fie în principiu cît mai mică. Se recomandă următoarele valori informative :

— întreruptoare pentru rețele cu tensiunea nominală  $\leq 35$  kV :  $\leq 0,15$  s ;

— întreruptoare pentru rețele cu tensiunea nominală  $> 35$  kV :  $\leq 0,08$  s.

**15.3. Timpul de declanșare** total este intervalul de timp dintre momentul în care curentul de scurtcircuit este stabilit în toate fazele (întreruptorul fiind anclanșat) și momentul stingerii arcului la toți polii.

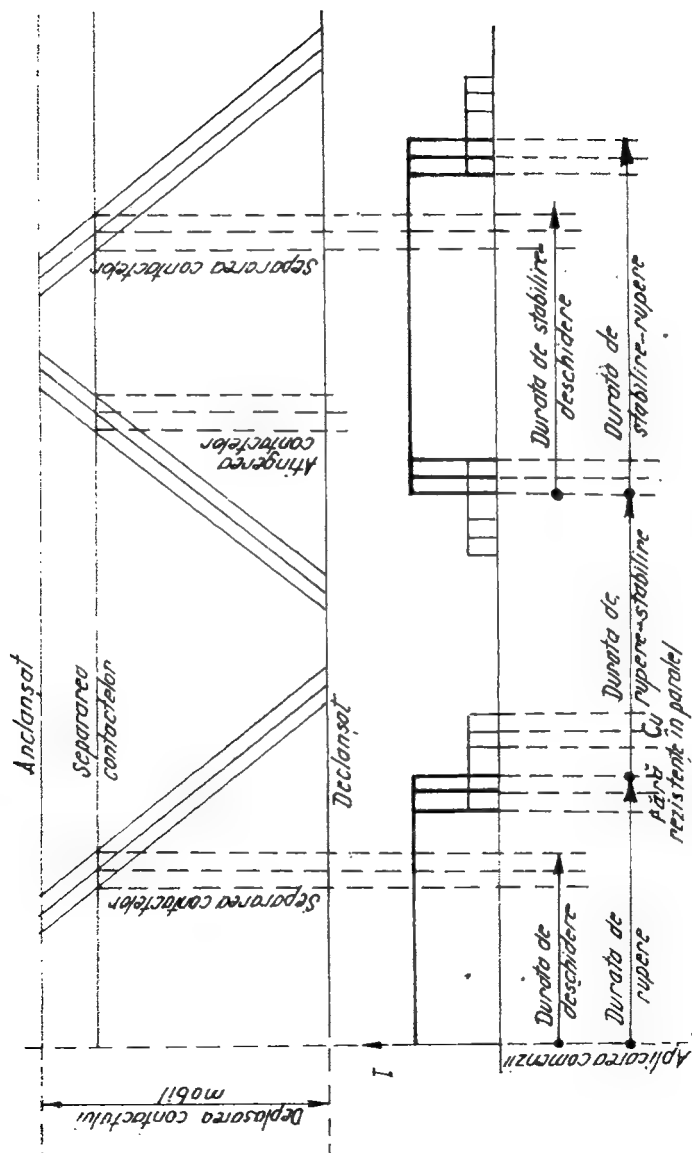


Fig. 5. Definirea duratelor de funcționare.

La întreruptoarele cu rezistență sau condensatoarele intercalate în paralel, timpul de declanșare total se definește pînă la separarea contactelor principale.

Cuprinde timpul funcționării releelor (în cazul declanșării printr-o sursă de energie auxiliară), temporizarea voită și durata de rupere.

Timpul de declanșare reprezintă intervalul de timp în care instalațiile sînt parcurse de curentul de defect și determină stabilitatea termică necesară a întreruptorului și a celorlalte elemente.

La ciclurile cu reanclanșare automată, timpul de declanșare total poate fi diferit la diversele declanșări. El nu poate fi mai mic decît durata de stabilire-rupere.

**15.4. Durata de stabilire-deschidere** este o mărime care intervine în cursul operațiilor de închidere-deschidere (ID) ale ciclului de funcționare. Ea se definește ca intervalul de timp dintre momentul stabilirii curentului de scurtcircuit și momentul separării contactelor la toți polii.

Dacă declanșarea se face printr-o sursă de energie auxiliară, se consideră că aplicarea acestei surse asupra dispozitivului de declanșare al tuturor polilor se face în momentul stabilirii curentului de scurtcircuit.

De asemenea, se consideră în toate cazurile că eventualele dispozitive de temporizare care fac parte integrantă din întreruptor sînt reglate la timpul minim sau, dacă este posibil, sînt scoase complet din funcțiune.

La întreruptoarele cu rezistențe sau condensatoare intercalate în paralel, definiția se referă la stabilirea curentului prin contactele principale și la separarea acestora.

**15.5. Durata de stabilire-rupere** se definește la fel ca durata de stabilire-deschidere, dar pînă în momentul stingerii arcului la toți polii.

## 16. STABILITATEA TERMICĂ

**16.1.** Pentru verificarea stabilității termice, sînt determinante curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum și punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

◆ **16.2.** Curentul echivalent  $I_m$  al scurtcircuitului se determină conform instrucțiunii pentru verificarea la stabilitate termică și electrodinamică a instalațiilor electrice din centrale și stații PE 103.

**16.3.** Curentul-limită de stabilitate termică de 1 s ( $I_{lt}$ ) al întreruptorului este indicat de întreprinderea constructoare.

Dacă în loc de  $I_{lt}$  este indicat în prospect curentul de stabilitate termică  $I'_t$ , pentru o durată de timp  $t$  diferită de 1 s, în lipsa altor indicații se poate folosi relația:

$$I_{lt} = I'_t \sqrt{t}.$$

În absența oricăror indicații, se consideră curentul de stabilitate termică de 1 s egal cu curentul de rupere simetric nominal (la tensiunea de restabilire la care aceasta din urmă are valoarea cea mai mare).

**16.4.** Întreruptorul este stabil termic dacă este îndeplinită condiția :

$$I_m \leq I_{lt}$$

## 17. STABILITATEA ELECTRODINAMICĂ

**17.1.** Pentru verificarea stabilității electrodinamice a întreruptoarelor din circuitele trifazate este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

**17.2.** Curentul de stabilitate electrodinamică  $I_d$  al întreruptorului este indicat de întreprinderea constructoare.

În lipsa acestei indicații, se consideră curentul de stabilitate electrodinamică egal cu capacitatea de închidere nominală (la tensiunea dinaintea anclanșării, la care capacitatea de închidere nominală are valoarea cea mai mare).

**17.3.** Întreruptorul este stabil electrodinamic dacă pentru fiecare pol este îndeplinită condiția :

$$i_s \leq I_d,$$

unde :

$i_s$  este amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc.

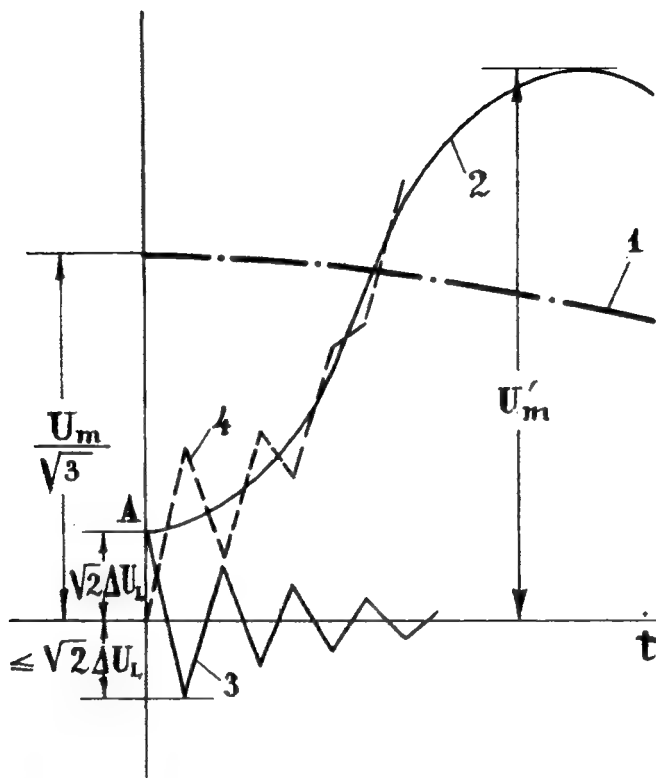


Fig. 6. Tensiunea tranzitorie de restabilire la întreruperea unui defect de linie:

- 1 — tensiunea de restabilire la frecvența rețelei (pe fază);  
 2 — tensiunea de restabilire în circuitul amonte; 3 — tensiunea tranzitorie de restabilire în circuitul aval; 4 — tensiunea tranzitorie de restabilire între bornele polului.

## 18. COMPORTAREA LA DEFECT PE LINIE (DEFECT KILOMETRIC)

**18.1.** Pentru întreruptoarele tripolare prevăzute a fi legate direct la liniile electrice aeriene, avînd tensiunea maximă de lucru egală cu 72,5 kV și mai mare și o capacitate de rupere



nominală la scurtcircuit mai mare decât 12,5 kA, se impun caracteristici aparte pentru defectul kilometric. Aceste caracteristici se referă, la deconectarea unui defect monofazat la pământ într-o rețea cu neutrul legat efectiv la pământ.

**18.2.** Pentru întreruptoarele ce funcționează în rețele cu neutrul izolat, defectul monofazat la pământ nu reprezintă condiții de defect kilometric.

Circuitul cuprinzând un defect kilometric se compune, pe de o parte, dintr-un circuit de alimentare în amonte de întreruptor, iar, pe de altă parte, dintr-o sarcină formată dintr-o linie scurtă.

**18.3.** Alegerea întreruptorului se poate face :

a) Prin determinarea tensiunii tranzitorii de restabilire produsă efectiv în rețea — la un defect pe linie în punctul cel mai favorabil — și compararea ei cu cea de referință (fig. 6).

b) Numai pe baza tensiunii tranzitorii de restabilire de referință, considerînd că cea produsă realmente în rețea nu va impune întreruptorului condiții de funcționare mai severe decât cele de încercare. În acest caz este necesară stabilirea unor condiții de încercare corespunzătoare majorității punctelor din rețea, în care se montează întreruptoare de tensiunea respectivă.

**18.4.** Condițiile de încercare a întreruptorului la defect pe linie se vor stabili de comun acord cu întreprinderea constructoare.

## **19. COMPORTAREA LA ÎNTRERUPEREA CURENȚILOR TRANSFORMATOARELOR ÎN GOL**

**19.1.** Verificarea comportării întreruptoarelor la întreruperea curenților transformatoarelor în gol are ca scop asigurarea în funcționare a unor supratensiuni produse la întrerupere suficient de mici, pentru a nu pune în pericol întreruptorul, celelalte elemente și funcționarea corectă a rețelei (fig. 7).

**19.2.** Încercările trebuie să se facă asupra unor transformatoare similare cu cele care vor exista realmente în rețea.

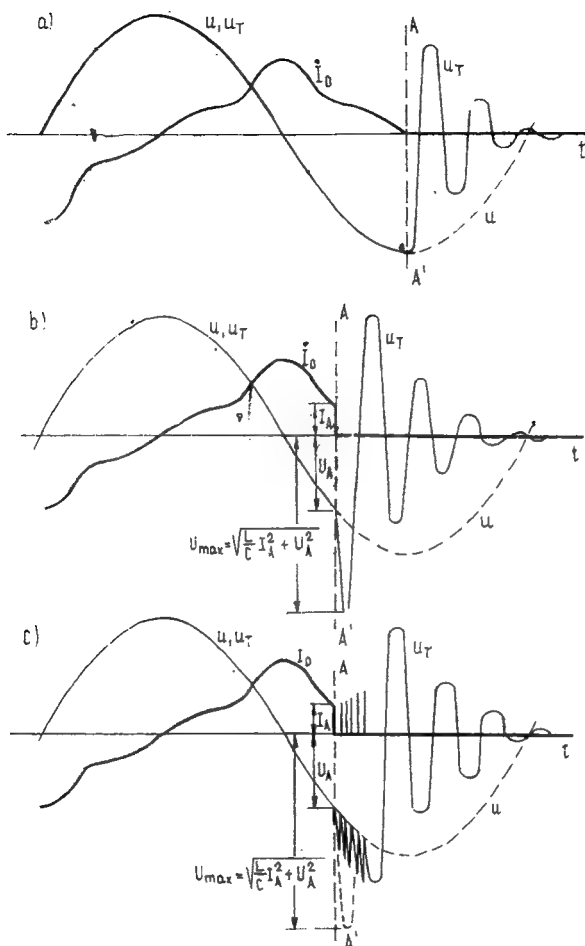


Fig. 7. Întreruperea curenților de mers în gol ai transformatoarelor:

a) întreruperea în momentul trecerii naturale a curentului prin zero; b) tăierea curentului înaintea trecerii naturale prin zero, fără reaprinderea arcului; c) tăierea curentului înaintea trecerii naturale prin zero, cu reaprinderea repetată a arcului; AA' — momentul întreruperii curentului;  $U$  — tensiunea rețelei;  $U_T$  — tensiunea la bornele transformatorului;  $I_0$  — curentul de mers în gol al transformatorului;  $L$  — inductanța transformatorului;  $C$  — capacitatea transformatorului.

**19.3.** Verificările necesită, în general, o convenție specială cu întreprinderea constructoare, iar condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu aceasta.

**19.4.** Valorile maxime ale supratensiunilor de comutație admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolației.

**19.5.** Declanșarea motoarelor de înaltă tensiune poate fi încadrată, în general, tot în categoria întreruperii micilor curenți inductivi.

## **20. COMPORTAREA LA CONECTAREA ȘI DECONECTAREA LINIILOR AERIENE ÎN GOL**

**20.1.** Verificarea comportării întreruptoarelor la deconectarea liniilor aeriene în gol are drept scop asigurarea în funcționare a unor supratensiuni produse la întrerupere suficient de mici pentru a nu pune în pericol întreruptorul, celelalte elemente și funcționarea corectă a rețelei.

**20.2.** Verificarea necesită în general o convenție specială cu întreprinderea constructoare.

**20.3.** Verificarea se recomandă la întreruptoarele care se montează în rețelele cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai mare, pentru conectarea și deconectarea liniilor aeriene sau a unor cabluri scurte în serie cu linii aeriene.

Cablurile sînt considerate scurte dacă curentul lor respectiv total nu depășește 20% din cel al liniei aeriene în gol. Acest procent se reduce la 10% atunci cînd cablul este conectat direct la întreruptor sau se găsește în vecinătatea acestuia.

**20.4.** Se recomandă executarea încercărilor direct în rețea.

Conectarea în paralel a unor linii în gol, în vederea măririi curentului capacitiv, va fi pe cît posibil evitată.

**20.5.** Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

**20.6.** Curentul de rupere simetric nominal în cazul liniilor în gol este indicat de întreprinderea constructoare sau stabilit pe baza unei convenții cu aceasta.

CEI recomandă valorile din tabelul 2.

Pentru linii aeriene cu un singur conductor pe fază și la frecvența de 50 Hz, valorile din tabelul 2 implică o lungime a liniei aproximativ egală cu 1,2 tensiunea nominală a întreprutorului (kV).

Valorile indicate de întreprinderea constructoare sînt valabile în condițiile de referință specificate de ea.

*Tabelul 2*

Tensiunea nominală, kV	Capacitatea de rupere nominală pentru linii în gol, A
(72,5)	10
123	31,5
245	125
420	400

**20.7.** Supratensiunile de comutație în condițiile de referință, atît pe partea amonte, cît și pe partea aval a întreprutorului, vor fi indicate de întreprinderea constructoare.

Valorile maxime admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolației.

**20.8.** Înteruptoarele trebuie să poată închide circuitele pe care le pot declanșa.

## **21. COMPORTAREA LA CONECTAREA ȘI DECONECTAREA CABLURILOR ÎN GOL**

**21.1.** Verificarea comportării înteruptoarelor la deconectarea cablurilor în gol are drept scop asigurarea în funcționare a unor supratensiuni produse la întreprupere suficient de mici pentru a nu pune în pericol întreprutorul, celelalte elemente și funcționarea corectă a rețelei (fig. 8).

**21.2.** Verificarea necesită în general o convenție specială cu întreprinderea constructoare.

**21.3.** Verificarea se recomandă la întreruptoarele care conectează și deconectează cabluri, ale căror curenți capacitivi în gol au valori apropiate de cele menționate la pct. 21.6.

**21.4.** Aceste recomandări sînt valabile și pentru cablurile în serie cu linii aeriene scurte.

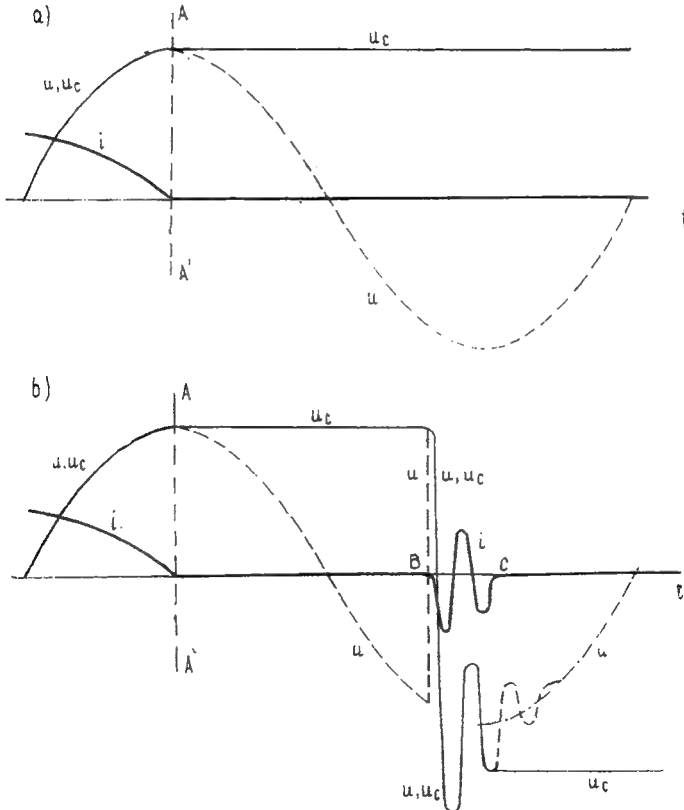


Fig. 8. Întreruperea curenților capacitivi :

a — fără reaprindere; b — cu reaprinderea arcului; AA<sub>0</sub> — momentul întreruperii curentului; B — momentul reaprinderii arcului; C — momentul întreruperii curentului după reaprinderea arcului; U — tensiunea rețelei (la bornele amonte ale întreruptorului); U<sub>C</sub> — tensiunea aplicată capacității (la bornele aval ale întreruptorului); i — curentul capacitiv.

O linie aeriană se consideră scurtă dacă curentul său reactiv nu depășește 1% din curentul reactiv al cablului.

**21.5.** Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

**21.6.** Curentul de rupere simetric nominal la tensiunea nominală cea mai ridicată a întreruptorului sau la tensiunea maximă de lucru, în cazul cablurilor în gol, este indicat de întreprinderea constructoare sau este stabilit pe baza unei convenții cu aceasta.

Pentru rețelele cu neutrul legat direct la pământ și la care cablurile posedă pe fiecare fază câte un ecran legat la pământ STAS 3686/1-74 recomandă valorile din tabelul 3.

În cazul unor curenți mai mari este necesar un acord cu întreprinderea constructoare. Valorile indicate de întreprinderea constructoare sînt valabile în condițiile de referință specificate de ea.

**21.7.** Supratensiunile de comutație în condițiile de referință, atît pe partea amonte, cît și pe partea aval a întreruptorului, vor fi indicate de întreprinderea constructoare.

Valorile maxime admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolației.

**21.8.** Întreruptoarele trebuie să poată închide circuitele pe care le pot declanșa.

## **22. COMPORTAREA LA CONECTAREA ȘI DECONECTAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE ÎN DERIVAȚIE**

**22.1.** Verificarea comportării întreruptoarelor la conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare în derivație are drept scop ca în funcționare să se asigure faptul că supratensiunile de comutație sînt suficient de mici pentru a nu pune în pericol întreruptorul, bateria, celelalte elemente și funcționarea corectă a rețelei, precum și faptul că valoarea curentului de apel nu pune în pericol întreruptorul.

Curentul de apel este curentul care ia naștere pentru un scurt timp la punerea sub tensiune a unei baterii de condensatoare.

**22.2.** Verificarea necesită o convenție specială cu întreprinderea constructoare.

**22.3.** Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

Tabelul 3

Tensiunea nominală, kV	Capacitatea de rupere nominală (pentru cabluri în gol), A
36	50
72,5	125
123	140
245	250
420	400

Este necesară o deosebită atenție în situația existenței altor baterii de condensatoare în paralel în apropiere, în cazul bateriilor în trepte, precum și pentru situații de defect în rețea sau la bateria de condensatoare.

**22.4.** Curentul de rupere simetric nominal și capacitatea de închidere nominală la tensiunea nominală cea mai ridicată a întreruptorului sau la tensiunea maximă de lucru, în cazul alimentării bateriilor de condensatoare, sînt indicate de întreprinderea constructoare sau stabilite pe baza unei convenții cu aceasta.

**22.5.** Supratensiunile de comutație în condițiile de referință vor fi indicate de întreprinderea constructoare. Ele trebuie să cuprindă valorile în raport cu pămîntul, măsurate la bornele întreruptorului, pe partea bateriei și pe partea alimentării, precum și, dacă nici o parte a bateriei nu este legată la pămînt, valorile între bornele bateriei și punctul neutru al acesteia (la bateriile legate în triunghi, valorile între bornele bateriei).

Valorile maxime admise se stabilesc în legătură cu coordonarea izolației.

**22.6.** Întreruptoarele trebuie să poată închide circuitele pe care le pot declanșa.

## **23. COMPORTAREA LA DEFECTUL CONSECUTIV (DEFECTUL EVOLUTIV)**

**23.1.** Supratensiunile produse la întreruperea micilor curenți inductivi sau capacitivi pot produce defecte în rețea, conducând la scurtcircuite nete, care provoacă reaprinderea arcului în întreruptor. Acest tip de defect denumit consecutiv sau evolutiv, poate pune în pericol întreruptorul.

**23.2.** Verificarea comportării întreruptoarelor la defectul evolutiv are drept scop asigurarea în funcționare a posibilității de întrerupere a acestor defecte în bune condiții.

Verificarea nu este necesară decât dacă se constată, la încercările privitoare la deconectarea transformatoarelor în gol, a liniilor aeriene în gol sau a cablurilor în gol, că supratensiunile produse depășesc anumite valori-limită, putând provoca conturnări sau străpungeri. Aceste valori-limită se stabilesc în legătură cu coordonarea izolației.

**23.3.** Verificarea necesită în general o convenție specială cu întreprinderea constructoare.

**23.4.** Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

**23.5.** Curentul de rupere simetric nominal în condițiile defectului consecutiv este indicat de întreprinderea constructoare sau stabilit pe baza unei convenții cu aceasta.

## **24. COMPORTAREA ÎN CAZUL OPOZIȚIEI DE FAZĂ**

**24.1.** Verificarea comportării întreruptoarelor la declanșare sau anclanșare în cazul opoziției de fază are drept scop ca în funcționare să se asigure faptul că ele pot executa aceste operații în bune condiții.

**24.2.** Verificarea necesită în general o convenție specială cu întreprinderea constructoare.

**24.3.** Verificarea se recomandă la întreruptoarele care se montează în rețele cu tensiunea nominală de 110 kV sau mai



mare, în special în acele puncte ale sistemului energetic în care este posibilă pierderea sincronismului.

24.4. Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

## **25. COMPORTAREA LA DUBLA PUNERE LA PĂMÎNT**

25.1. Verificarea comportării întreruptoarelor la declanșare în cazul unei duble puneri la pământ (de o parte și de alta a întreruptorului) are drept scop ca, în funcționare, să se asigure faptul că ele pot executa această operație în bune condiții.

25.2. Verificarea necesită în general o convenție specială cu întreprinderea constructoare.

25.3. Verificarea se recomandă în cazul rețelilor cu neutrul nelegat direct la pământ, de lungimi mari, care continuă să funcționeze timp îndelungat cu un defect pe o fază și la care din diverse motive este de prevăzut o frecvență relativ mare a defectelor.

25.4. Condițiile de încercare vor fi stabilite de comun acord cu întreprinderea constructoare.

## **26. COMPORTAREA ÎN DOMENIUL CURENȚILOR CRITICI**

26.1. Se numește domeniu critic acel domeniu al curenților întrerupți în care stingerea arcului se face într-un timp considerabil mai lung decât în cazul curentului de rupere nominal.

26.2. Întreprinderea constructoare trebuie să furnizeze informații asupra existenței și întinderii domeniului critic.

26.3. Încercarea puterii de rupere trebuie să se facă și la valori ale curentului întrerupt situate în domeniul critic.

## 27. COMPORTAREA LA ÎNTRERUPEREA CURENȚILOR MICI

**27.1.** La unele tipuri de înteruptoare, cum sînt cele cu suflaj magnetic, înteruperea curenților mici (de sarcină sau de scurtcircuit) este dificilă. Sînt necesare în acest scop dispozitive speciale.

Întreprinderea trebuie să furnizeze informații asupra comportării înteruptorului în aceste cazuri.

**27.2.** Încercarea puterii de rupere trebuie să se facă și la valori mici ale curentului înterupt.

## 28. DETALII CONSTRUCTIVE

Aceste detalii ale înteruptorului trebuie luate în considerare în legătură cu dispoziția constructivă a instalațiilor. Se va ține seama de gabarit, de sistemul de fixare, de problemele de transport și de montare, de perimetrul de securitate (necesar pentru evacuarea în exterior a gazelor ionizate sau a flăcărilor), de poziția dispozitivelor de acționare, de sarcinile statice și dinamice asupra părții de construcție, de tipul bornelor și de eforturile admisibile.

## 29. CONDIȚIILE DE ÎNTREȚINERE ȘI DE EXPLOATARE

Problemele prezintă o mare importanță. Înteruptorul trebuie să poată efectua între două revizii un număr suficient de mare de manevre în sarcină sau la scurtcircuit.

Conform prescripțiilor germane VDE verificarea înteruptoarelor este necesară în următoarele cazuri :

— după anumite evenimente excepționale (înteruperea unor curenți mari de scurtcircuit) ;

— după circa 500—1 000 de manevre duble (anclanșare + declanșare sau invers) ;

— după un timp de funcționare de circa trei ani.

Standardele franceze admit că pentru a putea contabiliza manevrele în exploatare fiecare întrerupere a unui curent I este echivalentă cu un număr n de declanșări în gol dat de relația :

$$n=300\left(\frac{I}{I_{\text{prn}}}\right)^{1,5}$$

Manevrele de declanșare nu se contabilizează. Se indică necesitatea unei revizii atunci când numărul valorilor n contabilizate atinge 900, adică după trei declanșări la curentul de rupere simetric nominal.

Acest număr poate fi mai mic în cazul existenței reanclanșării automate.

În realitate firmele constructoare garantează comportări mai favorabile.

Trebuie să se țină seama, de asemenea, de posibilitatea de procurare în decursul exploatării a mediului de stingere necesar (ulei, hexafluorură de sulf) cu calități excepționale.

### 30. ZGOMOTUL ÎN TIMPUL FUNCȚIONĂRII

Zgomotul produs de întreruptoare în timpul funcționării poate deveni supărător atât pentru personalul de deservire, cât și pentru persoanele care lucrează sau locuiesc în vecinătatea instalației electrice.

Faptul este dezavantajos în special la instalațiile cu multe întreruptoare sau cu întreruptoare care se manevrează des, precum și la întreruptoarele de foarte înaltă tensiune, care produc un zgomot puternic la acționare.

Unele întreprinderi constructoare au început fabricarea întreruptoarelor moderne, cu zgomot redus. Se recomandă utilizarea lor.

Anexa 1 a

## Valorile tensiunii tranzitorii de restabilire nominale a întreruptoarelor

Tensiune medie

Tensiunea nominală $U_n$ , kV	Valoarea de vîrf a TTR $U_c$ , kV	Timpul $t_b$ , $\mu s$	Întîrzierea $t_d$ , $\mu s$	Tensiunea $u'$ , kV	Timpul $t'$ , $\mu s$	Viteza de creștere $U_c t_b$ , kV/ $\mu s$
(3,6)	6,2	40	6	2,06	19,4	0,154
7,2	12,4	52	7,8	4,1	25	0,231
12	20,6	60	9	6,9	29	0,345
(17,5)	30	72	10,8	10	35	0,415
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,47
(30)	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu
(36)	62	108	16,2	20,6	52	0,57
(42)	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu	în studiu
(72,5)	124	168	8,4	41,5	64	0,74

Tensiune înaltă

Tensiunea nominală $U_n$ , kV	Tensiunea $U_{tr}$ , kV	Timpul $t_1$ , $\mu s$	Valoarea de vîrf a TTR $U_c$ , kV	Timpul $t_2$ , $\mu s$	Întîrzierea $t_d$ , $\mu s$	Tensiunea $u'$ , kV	Timpul $t'$ , $\mu s$	Viteza de creștere $U_{tr} t_1$ , kV/ $\mu s$
123	130	130	182	390	2,6	65	68	1
245	260	260	365	780	5,2	130	136	1
420	445	445	620	1340	8,9	222	232	1
123	150	150	210	450	3,0	75	78	1
245	300	300	420	900	6,0	150	156	1
420	510	510	720	1540	10,2	255	265	1

## Anexa 1 b

## Nivelul de izolație nominal al înteruptoarelor de înaltă tensiune

## Medie tensiune

Tensiunea nominală, kV (ef)	Tensiunea de ținere la impuls normalizat pozitiv și negativ, kV (vîrf)	Tensiunea de ținere 1 minut la frecvență industrială, kV (ef)
(3,5)	45	21
7,2	50	27
12	75	35
17,5	95	45
24	125	55
(30)	160	65
(36)	170	75
(42)	195	85
(72,5)	325	140

## Înaltă tensiune

Tensiunea nominală, kV (ef)	Tensiunea de ținere la impuls normalizat pozitiv și negativ, kV (vîrf)		Tensiunea de ținere 1 minut la frecvență industrială, kV (ef)	
	Izolație plină	Izolație redusă	Izolație plină	Izolație redusă
123	550	450	230	185
245	1050	900	460	395

## Anexa 1 c

## Comparație tehnică între tipurile de înteruptoare cele mai răspindite

Criteriul de comparație	Ulei puțin	Aer comprimat	SF <sub>6</sub>
Comportarea la defectul pe linii (kilometric)	×	—	×
Comportarea la înteruperea micilor curenți inductivi	×	—	×
Comportarea la înteruperea curenților capacitivi	—	×	×
Comportarea la defectul consecutiv (evolutiv)	—	×	×
Possibilitatea de folosire a sistemului baukasten	×	×	×

## ÎNTERUPTOARE — BREVIAIR

CENTRALA sau STAȚIA .....

CIRCUITUL Celulă de linie 220 kV

INTRERUPTOR TIP 10-220

Caracteristici		Unitatea de măsură	Valori			Observații
			Necesare	Garantate		
1		2	3	4		5
Condițiile de utilizare	Altitudinea	m	700	1000		
	Tipul	—	Ex	Ex		
	Maximă absolută	°C	+36	+40		
	Medie (24 ore) max.	°C	+32	+35		
Condițiile de utilizare	Minimă absolută	°C	—28	—30		
	Umiditatea relativă	%	100	100		
	Stratul de gheață	kg/m <sup>2</sup>	1,8	5		
	Presiunea vântului	N/m <sup>2</sup>	400	700		
Principiul (mediul) de stingere		—	—	Ulei puțin		Monopolar
Numărul de poli		—	3	3		
Frecvența		Hz	50	50		
Tensiunile		kV	245	245		
Nivelul de izolație	Unde de impuls	kV	460	460		
	Frecvență industrială	kV	1050	1050		
	Lungimea liniei de conturare	cm/kV	2,3	2,3		
Curentul nominal		A	1200	1600		

Ciclul de funcționare	Protecția de bază Protecția de rezervă		— —	D-t-ID-t'-ID	D-t-ID-t'-ID	
	Curent simetric Putere simetrică	$U_r$ $U'_r$				
Capacitatea de deconectare	Tensiunea de restabilire	$U_r$ $U'_r$	kA MVA	31,5 9500	31,5 12000	
	Tensiunea tranzitorie de restabilire	K $f'_1$ $f'_{0,6}$ V	kV —	245 1,3 $U_r$	245 1,3 $U_r$	
			— kHz kHz V/ $\mu$ s	1,3 — — 600	1,4 0,4 20 770	
Capacitatea de conectare			kA	65	80	
Dispozitivul de acționare	Motorul electric	Tensiunea Limite tensiune Puterea	V % VA	220/380 85—110 —	220/380 85—110 1,5	Curent alternativ
	Declanșator închidere	Tensiunea Limite tensiune Puterea	V % W	220 85—110 —	220 85—110 300	Curent continuu
	Declanșator deschidere	Tensiunea Limite tensiune Puterea	V % W	220 70—110 —	220 70—110 500	Curent continuu

1		2	3	4	5
Durata de funcționare	Deschiderea	s	—	0,05	
	Ruperea	s	—	0,07	
	Timpul de declanșare total	s	0,2	—	
			1,2	—	
	Stabilire-deschidere	s	—	0,05	
	Stabilire-rupere	s	—	—	
	Rupere-stabilire	s	—	—	
Greutatea	Timp de pauză	s	180	—	
			15	—	
	Simultaneitatea	s	0,001	0,001	
	Totală *	kg	—	4170	Monopolar
	Ulei	kg	—	412	
Stabilitatea termică	Dispozitiv de acționare **	kg	—	500	
		kA	31,5	—	
		kA	31,5	—	
		—	1	—	
		—	0,075	—	
		—	1,8	—	
	Protecția de bază	—	0	—	
		—	1	—	
		kA	31,5	60	



Protecția de rezervă	m		—					
	n	Imt (lit)						
Stabilitatea electrodinamică			—	0	—			
Comportarea la defect pe linie (defect kilometric)			—	1	—			
Comportarea la întreruperea curenților transformatoarelor în gol	$Z_u$		kA	44,5	60			
Comportarea la conectarea și deconec- tarea liniilor aeriene în gol	$I_0$		kA	61,6	80			
Comportarea la conectarea și deconec- tarea cablurilor în gol	$I_0$		Ω	—	—			
Comportarea la conectarea și deconec- tarea bateriilor de condensatoare în derivație	$I_0$		A	—	—			
Comportarea la defect consecutiv (defectul evolutiv)	$I$		A	—	130			
Comportarea în cazul opoziției de fază	$U_r$ $I_{pr}$		A	—	—			
Comportarea la dubla punere la pământ			kV kA	—	—			
Comportarea la întreruperea curenților mici			—	—	—			
Încălzirea	Tensiunea		V	—	3×380/220			
Puterea			W	—	500			
Efort la borne			daN	—	150			

\* Fără dispozitivul de acționare, dacă este separat de întrerupător.

\*\* Dacă este separat de întrerupător.



MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Transformatoare de tensiune	PE 111-2/75																								
		Grupa 1 Electro- energetică																								
<div>◆ C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Domeniul de aplicare . . . . .</td><td>183</td></tr><tr><td>2. Prescripțiile tehnice existente . . . . .</td><td>183</td></tr><tr><td>3. Condițiile de instalare . . . . .</td><td>184</td></tr><tr><td>4. Numărul fazelor și conexiunea înfășurărilor . . . . .</td><td>185</td></tr><tr><td>5. Frecvența nominală . . . . .</td><td>187</td></tr><tr><td>6. Tensiunea nominală primară și secundară . . . . .</td><td>187</td></tr><tr><td>7. Nivelul de izolație . . . . .</td><td>191</td></tr><tr><td>8. Clase de precizie . . . . .</td><td>191</td></tr><tr><td>9. Puterea secundară nominală . . . . .</td><td>192</td></tr><tr><td>10. Transformatoarele de tensiune capacitive . . . . .</td><td>196</td></tr><tr><td>Anexe . . . . .</td><td>197</td></tr></table>				Pag.	1. Domeniul de aplicare . . . . .	183	2. Prescripțiile tehnice existente . . . . .	183	3. Condițiile de instalare . . . . .	184	4. Numărul fazelor și conexiunea înfășurărilor . . . . .	185	5. Frecvența nominală . . . . .	187	6. Tensiunea nominală primară și secundară . . . . .	187	7. Nivelul de izolație . . . . .	191	8. Clase de precizie . . . . .	191	9. Puterea secundară nominală . . . . .	192	10. Transformatoarele de tensiune capacitive . . . . .	196	Anexe . . . . .	197
	Pag.																									
1. Domeniul de aplicare . . . . .	183																									
2. Prescripțiile tehnice existente . . . . .	183																									
3. Condițiile de instalare . . . . .	184																									
4. Numărul fazelor și conexiunea înfășurărilor . . . . .	185																									
5. Frecvența nominală . . . . .	187																									
6. Tensiunea nominală primară și secundară . . . . .	187																									
7. Nivelul de izolație . . . . .	191																									
8. Clase de precizie . . . . .	191																									
9. Puterea secundară nominală . . . . .	192																									
10. Transformatoarele de tensiune capacitive . . . . .	196																									
Anexe . . . . .	197																									
Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuiește :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975																								



## **1. DOMENIUL DE APLICARE**

Se aplică la alegerea sau la verificarea transformatoarelor de tensiune din centralele electrice și din stațiile de conexiuni și transformare de orice tensiune.

## **2. PRESCRIPTIILE TEHNICE EXISTENTE**

### **2.1. Standarde**

STAS 4323-70. Transformatoare de tensiune. Condiții generale..

STAS 6489-67. Rețele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației. Niveluri de izolație și de protecție.

### **◆ 2.2. Prescripții departamentale**

PE 101/77 Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 109/74 Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

PE 503/77 Normativ de proiectare a instalațiilor de comandă și control din centrale și stații electrice.

PE 932/69 Regulament pentru furnizarea și utilizarea energiei electrice, completat cu „Instrucțiuni de aplicare“.

### 3. CONDIȚIILE DE INSTALARE

#### 3.1. Altitudinea

Transformatoarele de tensiune își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții pînă la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari se va consulta întreprinderea constructoare.

#### 3.2. Tipul interior sau exterior

Se vor alege transformatoare de tensiune de interior în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau într-un adăpost, unde izolația este protejată împotriva ploii, zăpezii, depozitelor anormale de praf, condensării anormale (inclusiv roua și chiciura), la nevoie prin încălzirea și ventilarea încăperii. În caz contrar se vor alege transformatoare de tensiune de exterior, special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decît tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

#### 3.3. Caracteristicile mediului ambiant

**3.3.1. Domeniul de temperaturi** pentru care este garantată buna funcționare a transformatorului de tensiune trebuie să corespundă temperaturilor reale în locul de montare a aparatului, determinate pe bază statistică.

Conform STAS 4323-70, transformatoarele de tensiune fabricate în țară corespund domeniului de temperaturi cuprins între  $-30$  și  $+40^{\circ}\text{C}$ , pentru exterior, și  $-5$  și  $+40^{\circ}\text{C}$ , pentru interior.

Pentru cazurile în care valorile reale se pot găsi în afara domeniilor indicate, este necesară consultarea întreprinderii constructoare.

**3.3.2. Umiditatea relativă** a aerului în locul de montare a transformatorului de tensiune nu trebuie să depășească pe cea pentru care este garantată buna funcționare a acestuia. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

Depunerile de umiditate pe transformatoarele de tensiune de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu se poate realiza, se va recurge la condiționarea aerului sau se vor alege aparate de tip exterior. Pentru transformatoarele montate în interior în STAS 4323-70 se prevede umiditatea maximă la 70%.

**3.3.3. Impurificările atmosferice**, în cazul transformatoarelor de tensiune de exterior de fabricație curentă, trebuie să fie suficient de reduse, pentru a nu prezenta pericole deosebite. Pentru atmosfere poluate se va indica furnizorului gradul de poluare din zona de amplasare.

**3.3.4. Presiunea vântului** pe aparatele de exterior se determină cu relația :

$$P=0,7 \frac{v_{\max.}^2}{16}, [\text{daN/m}^2]$$

în care :

$v_{\max.}$  este viteza maximă a vântului, m/s ; se determină în raport cu condițiile climatice locale sau conform prevederilor din „Normativul PE 101“, în cazul în care nu se cunosc date locale.

Valoarea astfel obținută nu trebuie să depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare.

## 4. NUMĂRUL FAZELOR ȘI CONEXIUNEA ÎNFĂȘURĂRILOR

**4.1.** Numărul fazelor și conexiunilor înfășurărilor primare se aleg în funcție de numărul de faze ale circuitului primar și de receptoarele care urmează a fi alimentate.

**4.2.** Soluțiile uzuale pentru rețelele cu neutrul izolat sau legat la pământ prin bobină de stingere (fig. 1a ... 1f.) sînt următoarele :

a) *Transformator monofazat* conectat între două faze. Măsoară tensiunea dintre fazele respective.

b) *Două transformatoare monofazate în V*. Măsoară toate tensiunile dintre faze.

c) *Trei transformatoare monofazate în stea*, cu neutrul înfășurărilor primare legat la pământ și cu câte o singură înfășurare secundară legată în stea cu conductor neutru. Măsoară tensiunile pe fază (față de pământ) și dintre faze.

d) *Trei transformatoare monofazate în stea* cu neutrul legat la pământ, avînd câte două înfășurări secundare, dintre care unele legate în stea cu conductor neutru, iar celelalte în triunghi deschis. Măsoară tensiunile pe fază (față de pământ) și dintre faze, precum și componenta homopolară.

e) *Transformator trifazat în stea*, cu miez magnetic cu trei coloane, avînd neutrul înfășurărilor primare izolat. Măsoară tensiunile dintre faze. Tensiunea măsurată pe fază nu este valabilă decît în cazul tensiunilor simetrice și al sarcinilor echilibrate. Se interzice legarea la pământ a neutrului înfășurărilor primare, pentru a nu pune în pericol transformatorul prin supraîncălzire, la un defect în rețea. Utilizarea acestor transformatoare de tensiune este, în general, evitată.

f) *Transformator trifazat în stea*, cu miez magnetic cu cinci coloane, avînd neutrul înfășurărilor primare legat la pământ și două înfășurări secundare: una trifazată în stea cu conductor neutru, iar cealaltă în serie pe cele două coloane exterioare ale miezului. Măsoară tensiunile pe fază (față de pământ) și dintre faze, precum și componenta homopolară.

**4.3. Soluțiile uzuale pentru rețelele cu neutrul legat direct la pământ** (fig. 1g, 1h) sînt:

g) *Transformator monofazat legat între o fază și pământ*, cu una sau două înfășurări secundare. Măsoară tensiunea pe faza respectivă.

h) *Trei transformatoare monofazate în stea* cu neutrul legat la pământ, avînd câte două înfășurări secundare, dintre care unele legate în stea cu conductor neutru, iar celelalte în triunghi deschis. Măsoară tensiunile pe fază (față de pământ) și între faze, precum și componenta homopolară.

**4.4. Aparatele de măsurat, semnalizare, protecție și automatizare** se alimentează de regulă de la aceeași înfășurare secundară. În acest scop, transformatoarele de tensiune necesită deci o singură înfășurare secundară.



Fac excepție transformatoarele de tensiune ce servesc și la măsurarea componentei homopolare, care vor avea în plus o înfășurare secundară suplimentară, special destinată acestui scop.

**4.5.** În cazul conductoarelor de legătură foarte lungi, în vederea micșorării căderilor de tensiune, se pot utiliza transformatoare de tensiune cu cîte două înfășurări secundare identice, legate în serie. Se dublează astfel tensiunea secundară, reducîndu-se corespunzător curentul. Aparatele alimentate trebuie să fie corespunzătoare.

Dacă nu este necesară dublarea tensiunii secundare, cele două înfășurări secundare funcționează separat, alimentînd fiecare alte aparate.

**4.6.** Pentru reglarea excitației generatoarelor sincrone se vor folosi de regulă transformatoare de tensiune separate.

## 5. FRECVENȚA NOMINALĂ

Frecvența nominală a transformatoarelor de tensiune trebuie să fie egală cu cea a rețelei. De asemenea, abaterile de la frecvența rețelei produse în exploatare nu trebuie să depășească limitele admise de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile.

Transformatoarele inductive proiectate a funcționa la 50 Hz vor putea fi utilizate și la frecvențe cuprinse între 15 și 100 Hz, prin modificarea corespunzătoare a datelor ce depind de frecvență (clasa de precizie și puterea secundară).

## 6. TENSIUNEA NOMINALĂ PRIMARĂ ȘI SECUNDARĂ

**6.1.** Tensiunea primară nominală este următoarea :

$$U_{pn} = U \text{ (fig. 1, a și b)}$$

$$U_{pn} = U/\sqrt{3} \text{ (fig. 1, c, d, e, f, g, h),}$$

unde  $U$  este tensiunea nominală a rețelei (între faze).

Rețea cu neutrul izolat sau legat la pământ prin bobina de stingere

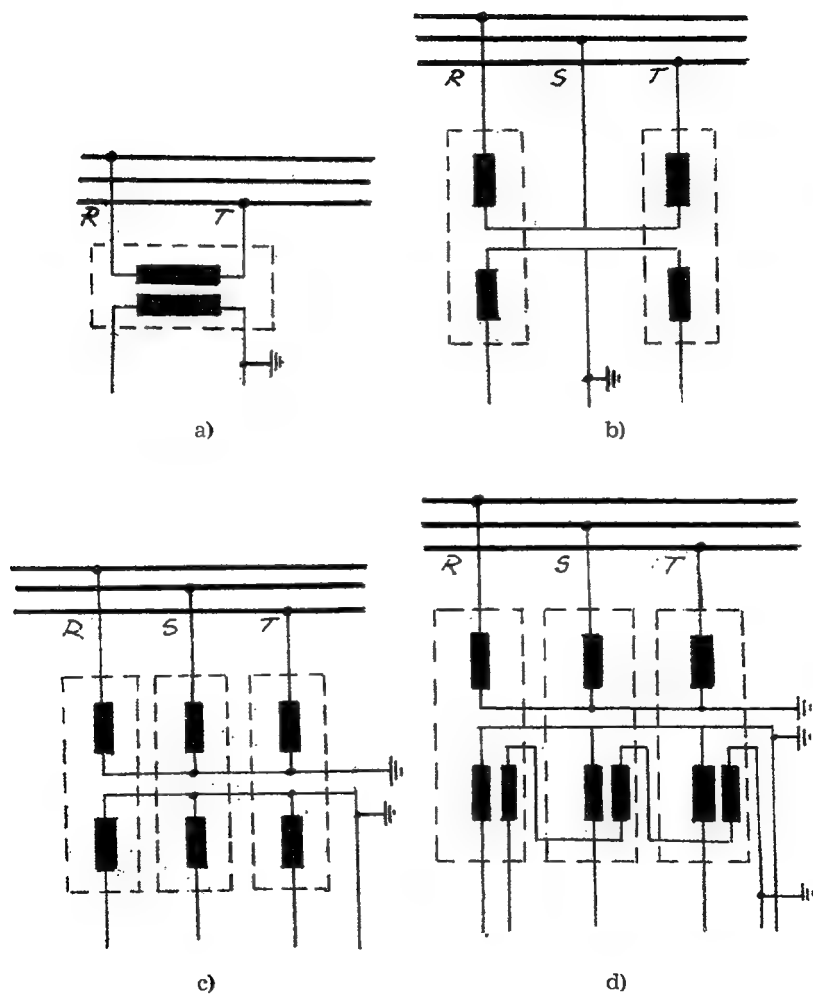
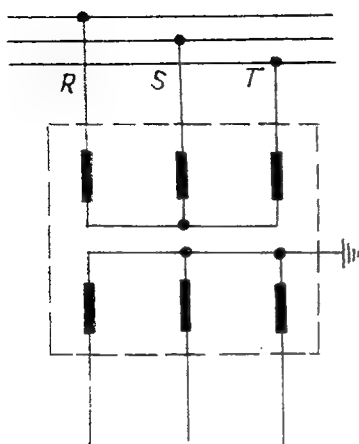


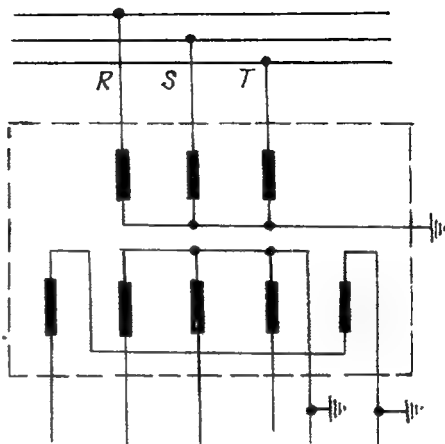
Fig. 1. Diverse moduri de racordare a

a) transformator monofazat ; b) două transformatoare monofazate în V ; c) trei transformatoare în stea cu două înfășurări secundare ; e) transformator trifazat g) transformator monofazat ; h) trei

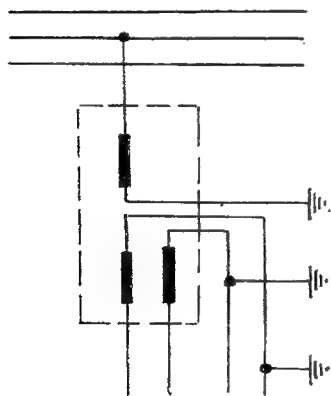
Rețea cu neutrul legat direct la pământ



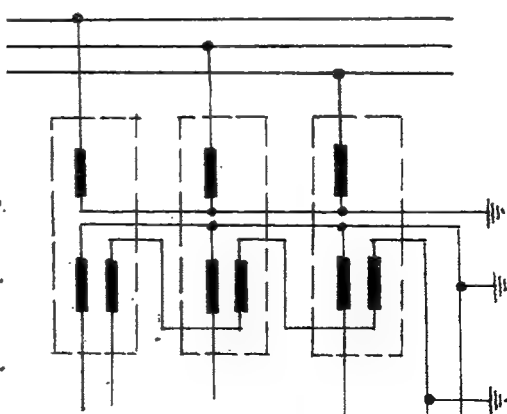
e)



f)



g)



h)

transformatoarelor de tensiune :

transformatoare monofazate în stea cu o singură înfășurare secundară; d) trei în stea cu trei coloane; f) transformator trifazat în stea cu cinci coloane; transformatoare monofazate în stea.

**6.2.** De regulă, transformatoarele de tensiune admit o creștere permanentă a tensiunii primare cu 20% peste valoarea nominală.

Este necesar ca valoarea maximă a tensiunii primare admise de întreprinderea constructoare să fie cel puțin egală cu tensiunea maximă de funcționare a rețelei.

**6.3.** În rețelele cu neutrul nelegat direct la pământ, transformatoarele de tensiune care funcționează cu o bornă neizolată legată la pământ trebuie să poată suporta o creștere permanentă a tensiunii primare de 1,73 ori. Această condiție este independentă de cea menționată la pct. 6.2.

**6.4.** Tensiunea primară nu trebuie să fie mai mică decât valoarea minimă admisă de întreprinderea constructoare, de regulă 80% din tensiunea nominală. În caz contrar erorile de măsură depășesc limita garantată.

În legătură cu aceasta, se atrage atenția asupra faptului că este interzisă racordarea în stea a transformatoarelor monofazate construite pentru a fi conectate între faze, întrucât prin aceasta se reduce prea mult tensiunea primară aplicată.

**6.5. Tensiunea nominală a înfășurărilor secundare de bază** va fi, de regulă, următoarea :

$$U_{sn} = 100 \text{ V (fig. 1, a și b)}$$

$$U_{sn} = 100/\sqrt{3} \text{ V (fig. 1, c, d, e, f, g, h).}$$

**6.6. Tensiunea nominală a înfășurărilor secundare suplimentare** (pentru măsurarea componentei homopolare) va fi de regulă :

a) În cazul rețelelor cu neutrul izolat sau legat la pământ prin bobină de stingere (fig. 1, d și f) :

$$U_{sn} = 100/3 \text{ V.}$$

La o punere la pământ în rețeaua primară, suma tensiunilor în înfășurările suplimentare este de 100 V. În cazul transformatorului din figura 1 f, valoarea  $U_{sn}$  indicată mai sus este convențională, întrucât există, de fapt, o singură înfășurare secundară suplimentară, în serie pe coloanele extreme ale miezului magnetic.

b) În cazul rețelelor cu neutrul legat direct la pământ (fig. 1 h) :

$$U_{sn} = 100 \text{ V.}$$

La o punere la pământ în rețeaua primară, suma tensiunilor în înfășurările suplimentare este de 100 V.

c) Dacă înfășurarea suplimentară servește altui scop decât cel al măsurării componentei homopolare (de exemplu, fig. 1 g), la alegerea tensiunii ei nominale se va ține seama de scopul urmărit.

6.7. În cazurile menționate la pct. 4.5, se admite dublarea valorilor indicate mai sus pentru tensiunile secundare nominale, cu condiția ca aparatele alimentate să fie corespunzătoare. În general, în astfel de cazuri se utilizează transformatoare de tensiune cu câte două înfășurări secundare identice, care se conectează în serie.

## 7. NIVELUL DE IZOLAȚIE

7.1. Tensiunile de încercare vor fi cel puțin egale cu cele prevăzute în STAS 4323-70.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m, se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderea constructoare.

◆ 7.2. Lungimea liniei de conturare pe suprafața izolațiilor, în funcție de gradul de poluare al atmosferei, este indicată în normativul PE 109.

## 8. CLASA DE PRECIZIE

8.1. Pentru alimentarea aparatelor de măsură este necesară, de regulă **clasa de precizie 0,5**.

Pot face excepție aparatele de măsură destinate exclusiv pentru evidența tehnică (nu comercială), pentru care se admite clasa 1.

8.2. Pentru circuitele prin care se realizează interconexiuni cu alte țări sau pentru circuite de mare importanță (de exemplu, pentru măsurări de randamente la grupuri generatoare), se pot prevedea înfășurări de clasa 0,2. Astfel de cazuri se vor stabili de comun acord cu Dispecerul Energetic Național.

**8.3. Pentru alimentarea aparatelor de protecție și de automatizare** sînt necesare, în general, următoarele clase de precizie :

- *clasa 1*, pentru relee direcționale și de distanță ;
- *clasa 3*, pentru relee de tip voltmetric.

Pentru alte aparate de protecție sau automatizare, sînt necesare, după caz, clasele 1 sau 3, ținînd seama de faptul că la clasa 3 nu se garantează eroarea de unghi.

La alegerea clasei de precizie pentru alimentarea diverselor aparate de protecție și de automatizare, este necesar, de asemenea, să se ia în considerare indicațiile întreprinderilor constructoare ale acestor aparate.

Se menționează faptul că, pentru anumite aparate de automatizare, întreprinderile constructoare livrează transformatoare de tensiune speciale, cu precizia necesară.

## 9. PUTEREA SECUNDARĂ NOMINALĂ

**9.1.** Pentru determinarea încărcării transformatoarelor de tensiune este necesar să se cunoască puterile active și reactive consumate de fiecare aparat alimentat.

**9.2.** Se adună separat puterile active și cele reactive ale aparatelor conectate în paralel.

a) În cazul înfășurărilor secundare de bază rezultă una dintre schemele echivalente din tabelul 1. Cu relațiile de calcul indicate în acest tabel, se determină puterea activă  $P$  și puterea reactivă  $Q$  consumate de la fiecare transformator de tensiune, precum și puterea aparentă consumată  $S$  :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

b) În cazul înfășurărilor secundare suplimentare (pentru măsurarea componentei homopolare), rezultă, de asemenea, puterea activă totală  $P'$  și puterea reactivă totală  $Q'$  consumate, precum și puterea aparentă totală  $S'$  :

$$S' = \sqrt{P'^2 + Q'^2}$$

Puterea aparentă  $P_a$  care revine unei înfășurări este :

$$S=S'/3 \text{ (fig. 1 d)}$$

$$S=S' \text{ (fig. 1 f și h)}$$

**9.3.** Puterea aparentă  $S$  consumată de fiecare înfășurare trebuie să satisfacă următoarea condiție :

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\text{sn}}$$

în care :

$S_{\text{sn}}$  este puterea secundară nominală a înfășurării respective ;

$S_{\min}$  — puterea minimă admisă de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile ; conform STAS 4323-70,  $S_{\min} = 0,25 S_{\text{sn}}$ .

**9.4.** Pentru măsurătorile de mare precizie necesare în cazurile menționate la pct. 8.2., este necesar să se țină seama, de asemenea, de factorul de putere al sarcinii care revine fiecărei înfășurări secundare, a cărei valoare trebuie să fie :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \cong 0,8$$

La nevoie, factorul de putere poate fi corectat prin adăugarea de rezistențe sau de reactanțe adiționale.


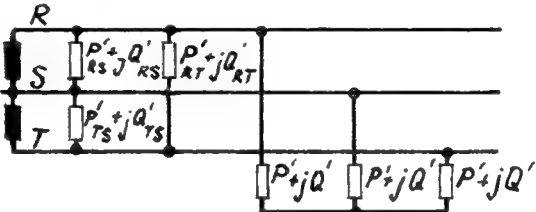
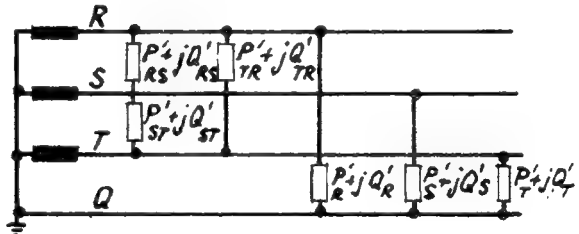
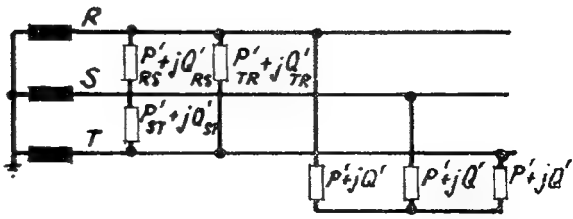
**9.5.** Dacă există aparate de protecție sau de automatizare care pentru un timp scurt (în timpul funcționării instalațiilor de protecție sau de automatizare) consumă o putere mai mare decît cea absorbită permanent, calculul încărcării transformatoarelor de tensiune se va face ținînd seama de valoarea consumului de scurtă durată.

Dacă astfel de aparate sînt alimentate de la aceeași înfășurare cu aparatele de măsurat, se va determina încărcarea transformatoarelor de tensiune atît în regim permanent, cît și în regim de scurtă durată. Încărcările vor satisface condiția de la pct. 9.2. Astfel :

— pentru încărcarea în regim permanent, se ia în considerare puterea nominală  $S_{\text{sn}}$  a înfășurării, la clasa de precizie corespunzătoare aparatelor de măsurat ;

## Formule pentru calcularea încărcării

Înfășurări

Conex. transf. conf. fig.	Schema de racordare a aparatei alimentare
1a, g	
1b	
1c, d, f, h	
1e	



transformatoarelor de tensiune  
secundare de bază

TABELUL 1

Formule de calcul	
Puterea activă	Puterea reactivă
$P=P'$	$Q=Q'$
$P_{RS}=P'_{RS} + \frac{P'_{RT} - \sqrt{3}Q'_{RT}}{2} + \frac{3P' - \sqrt{3}Q'}{2}$ $P_{TS}=P'_{TS} + \frac{P'_{RT} + \sqrt{3}Q'_{RT}}{2} + \frac{3P' + \sqrt{3}Q'}{2}$	$Q_{RS}=Q'_{RS} + \frac{\sqrt{3}P'_{RT} + Q'_{RT}}{2} + \frac{\sqrt{3}P' + 3Q'}{2}$ $Q_{TS}=Q'_{TS} + \frac{-\sqrt{3}P'_{RT} + Q'_{RT}}{2} + \frac{-\sqrt{3}P' + 3Q'}{2}$
$P_R=P'_R + \frac{3P'_{RS} + 3P'_{TR} + \sqrt{3}Q'_{RS} - \sqrt{3}Q'_{TR}}{6}$ $P_S=P'_S + \frac{3P'_{RS} + 3P'_{ST} - \sqrt{3}Q'_{RS} + \sqrt{3}Q'_{ST}}{6}$ $P_T=P'_T + \frac{3P'_{TR} + 3P'_{ST} + \sqrt{3}Q'_{TR} - \sqrt{3}Q'_{ST}}{6}$	$Q_R=Q'_R + \frac{-\sqrt{3}P'_{RS} + \sqrt{3}P'_{RT} + 3Q'_{RS} + 3Q'_{TR}}{6}$ $Q_S=Q'_S + \frac{\sqrt{3}P'_{RS} - \sqrt{3}P'_{ST} + 3Q'_{RS} + 3Q'_{ST}}{6}$ $Q_T=Q'_T + \frac{-\sqrt{3}P'_{TR} + \sqrt{3}P'_{ST} + 3Q'_{TR} + 3Q'_{ST}}{6}$
$P_R=P'_R + \frac{3P'_{RS} + 3P'_{TR} + \sqrt{3}Q'_{RS} - \sqrt{3}Q'_{TR}}{6}$ $P_S=P'_S + \frac{3P'_{RS} + 3P'_{ST} - \sqrt{3}Q'_{RS} + \sqrt{3}Q'_{ST}}{6}$ $P_T=P'_T + \frac{3P'_{TR} + 3P'_{ST} + \sqrt{3}Q'_{TR} - \sqrt{3}Q'_{ST}}{6}$	$Q_R=Q' + \frac{-\sqrt{3}P'_{RS} + \sqrt{3}P'_{TR} + 3Q'_{RS} + 3Q'_{TR}}{6}$ $Q_S=Q' + \frac{\sqrt{3}P'_{RS} - \sqrt{3}P'_{ST} + 3Q'_{RS} + 3Q'_{ST}}{6}$ $Q_T=Q' + \frac{-\sqrt{3}P'_{TR} + \sqrt{3}P'_{ST} + 3Q'_{TR} + 3Q'_{ST}}{6}$

— pentru încărcarea în regim de scurtă durată se ia în considerare puterea nominală  $S_{sn}$  a înfășurării, la clasa de precizie corespunzătoare aparatelor de protecție sau de automatizare. Se admite astfel ca, pentru un timp scurt, erorile să crească peste valorile admisibile la măsurare, fără a depăși însă valorile admise la protecție sau la automatizare, adică se admite trecerea în altă clasă de precizie.

9.6. În cazurile excepționale, în care transformatorul de tensiune servește numai ca sursă de energie (de exemplu, pentru alimentarea unor lămpi de semnalizare) și nu interesează erorile, puterea consumată nu trebuie să depășească puterea-limită termică a înfășurării.

## 10. TRANSFORMATOARELE DE TENSIUNE CAPACITIVE

10.1. Transformatoarele de tensiune capacitive sînt supuse, în principiu, aceluiași reguli privitoare la performanțe ca și cele inductive. La alegerea sau la verificarea lor trebuie să se respecte îndrumările date în prezentele instrucțiuni.

10.2. Adesea transformatoarele de tensiune capacitive îndeplinesc și funcția de condensatoare de cuplare de înaltă frecvență. În acest caz, în afară de caracteristicile indicate pentru transformatoarele de tensiune, trebuie să se ia în considerare și capacitatea electrică. Valoarea acesteia depinde de tipul și de caracteristicile instalației de înaltă frecvență.

10.3. Transformatoarele de tensiune capacitive pot fi sensibil influențate de variațiile de frecvență, de cîmpurile electrice perturbatoare (produse, de exemplu, de conductoarele învecinate), de ploaie sau de ceață, de starea de curățenie a suprafețelor izolante exterioare, de diferențele de temperatură dintre părțile de înaltă și de joasă tensiune ale condensatorului.

La alegerea unor transformatoare de tensiune capacitive, se va da o deosebită atenție cauzelor perturbatoare de mai sus și erorilor suplimentare pe care le pot produce.

**10.4.** Transformatoarele de tensiune capacitive pot avea o tendință marcantă de oscilație a tensiunii secundare în cazul fenomenelor tranzitorii în primar (scurtcircuite în rețeaua primară, puneri la pământ, variații bruște de tensiune etc.) sau în secundar (scurtcircuite, variații bruște de sarcină). Oscilațiile sînt dăunătoare, în special în cazul alimentării releelor foarte rapide. În astfel de situații este necesar să se aleagă transformatoare de tensiune cu o durată de amortizare a oscilațiilor suficient de mică, astfel încît să nu fie pusă în pericol funcționarea corectă a instalațiilor de protecție. Se indică orientativ că erorile de măsură trebuie să scadă sub 5% după trecerea unui interval de timp de 20 ms de la apariția modificării produse în circuitul primar sau secundar.

Nu se recomandă încărcarea transformatoarelor de tensiune capacitive la valori apropiate de puterea-limită termică, întrucît prin aceasta se înrăutățește comportarea la oscilații.

Spre deosebire de transformatoarele de tensiune capacitive, cele inductive transmit în secundar oscilații de amplitudine mai redusă și de durată mai scurtă.

**10.5.** Transformatoarele de tensiune inductive servesc, de asemenea, pentru descărcarea sarcinii capacitive a liniilor electrice aeriene, funcție care nu poate fi îndeplinită de cele capacitive.

**10.6.** Transformatoarele de tensiune capacitive, care sînt în general mai ieftine decît cele inductive, pot fi utilizate la tensiuni de 110 kV sau mai mult, ținînd seama și de posibilitatea funcționării lor concomitente drept condensatoare de cuplare.

Anexa 1

### EXEMPLU DE CALCUL

#### A. Datele necesare proiectării :

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1) Destinația circuitului primar (linie interconectată) |                        |
| 2) Numărul de faze ale circuitului primar               | 3                      |
| 3) Tensiunea nominală a circuitului primar              | 110 kV                 |
| Tensiunea maximă de funcționare                         | Conform STAS 6489-67   |
| 4) Modul de tratare a neutrului rețelei                 | Legat direct la pământ |

- 5) Tensiunile care trebuie măsurate
- 6) Destinația aparatelor de măsură pentru evidența tehnică
- 7) Condiții speciale impuse preciziei măsurărilor
- 8) Tipul, numărul și consumul aparatelor racordate :

a) *Aparate de măsură :*

- un voltmetru E5 (între fazele R—S) 3,5 VA (unitar)
- un voltmetru înregistrator (între fazele R—S) 15 VA
- un wattvarmetru înregistrator (între fazele R—S și S—T) 15 VA/circuit
- două contoare CA-32 (între fazele R—S și S—T) 1 VA/circuit
- două contoare CR-32 (între fazele R—S și S—T) 1 VA/circuit
- o lampă de semnalizare (între fazele R—S) 10 W

b) *Aparate de protecție :*

- un releu de distanță pe fazele R S T permanent 6 VA/fază
- timp scurt 64 VA/fază
- releu direcțional pe înfășurarea auxiliară (triunghi deschis) 10 VA
- două relee de tensiune între fazele R—S și S—T 2 VA (unitar)
- un osciloperturbograf 3 VA/fază
- 9) Zona geografică și altitudinea Regiunea subcarpatică, altitudine 500 m

**B. Numărul fazelor și conexiunea înfășurărilor primare**

Se alege soluția din figura 1 h, cu trei transformatoare monofazate în stea cu neutrul legat la pământ.

**C. Numărul și conexiunea înfășurărilor secundare**

1) Toate aparatele de măsură și protecție se vor alimenta de la înfășurarea secundară de bază, conectată în stea cu conductor neutrul (fig. 1 h).

2) Pentru releele de distanță va exista, de asemenea, o alimentare de la înfășurările auxiliare pentru măsurarea componentei homopolare conectate în triunghi deschis.

**D. Tensiunea primară nominală  $U_{pn}$  :**

1) Tensiunea nominală a rețelei : 110 kV

Tensiunea primară nominală a transformatoarelor de tensiune :

$$U_{pn} = \frac{110}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

2) Transformatoarele vor putea suporta permanent o tensiune la borne cu 20% mai mare.

**E. Tensiunea secundară nominală :**

1) Pentru înfășurarea secundară de bază :

$$U_{sn} = \frac{100}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

2) Pentru înfășurarea secundară auxiliară :

$$U_{sn} = 100 \text{ V}$$

În cazul unei puneri la pământ în rețeaua primară, tensiunea care apare la bornele triunghiului deschis este de 100 V.

Raportul de transformare nominal este :

$$K_n = \frac{110\,000}{\sqrt{3}} \left/ \left( \frac{100}{\sqrt{3}} \right) \right/ 100 \text{ V.}$$

**F. Nivelul de izolație**

Nivelul de izolație va respecta valorile indicate în STAS 6489-67.

**G. Clasa de precizie**

În raport cu aparatele alimentate, sînt necesare următoarele clase de precizie :

- aparate de măsură : clasa 0,5
- relee de distanță : clasa 1
- relee de tensiune : clasa 3

Pentru înfășurarea secundară de bază se alege clasa 0,5 determinată de aparatele de măsură.

Pentru înfășurarea secundară suplimentară se alege clasa 1.

**H. Puterea secundară nominală**

1) Pentru consumul aparatelor utilizate sînt indicate în cataloage numai puterile aparente. Se face ipoteza :

$$\cos \varphi = 0,8 \quad \sin \varphi = 0,6$$

Rezultă următoarele puteri consumate :

— voltmetru E 5 :

$$P = 0,8 \times 3,5 = 2,8 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 3,5 = 2,1 \text{ Var}$$

— voltmetru înregistrator :

$$P = 0,8 \times 15 = 12 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 15 = 9 \text{ Var}$$

— lampa de semnalizare :

$$P = 1 \times 10 = 10 \text{ W} ; Q = 0$$

— wattvarmetru înregistrator :

$$P = 0,8 \times 15 = 12 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 15 = 9 \text{ Var}$$

— contor CA-32 :

$$P = 0,8 \times 1 = 0,8 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 1 = 0,6 \text{ Var}$$

— contor CR-32 :

$$P = 0,8 \times 1 = 0,8 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 1 = 0,6 \text{ Var}$$

— releu de distanță :

— pe fază permanentă :

$$P = 0,8 \times 6 = 4,8 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 6 = 3,6 \text{ Var}$$

— pe fază timp scurt :

$$P = 0,8 \times 64 = 51 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 64 = 38 \text{ Var}$$

— pe înfășurare auxiliară :

$$P = 0,8 \times 10 = 8 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 10 = 6 \text{ Var}$$

— releu de tensiune :

$$P = 0,8 \times 12 = 9,6 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 2 = 1,2 \text{ Var}$$

— osciloperturbograf :

$$P = 0,8 \times 3 = 2,4 \text{ W} ; Q = 0,6 \times 3 = 1,8 \text{ Var}$$

2) Puterile totale consumate pe fiecare fază și între faze :

a) *Faza R S T*

Consum permanent

releu de distanță și osciloperturbograf

$$P' = 1 \times 4,8 + 1 \times 2,4 = 7,2 \text{ W} ; Q' = 1 \times 3,6 + 1 \times 1,8 = 5,4 \text{ Var}$$

Consum de scurtă durată

$$P' = 1 \times 51 = 51 \text{ W} ; Q' = 1 \times 38 = 38 \text{ Var}$$

b) *Între fazele R-S :*

— un voltmetru E5

— un voltmetru înregistrator

— o lampă semnalizare

- un releu de tensiune
- un wattvarmetru înregistrator
- patru contoare

$$P = 1 \times 2,8 + 1 \times 12 + 1 \times 10 + 2 \times 1,6 + 1 \times 12 + 4 \times 0,8 = 43,2 \text{ W}$$

$$Q = 1 \times 2,1 + 1 \times 9 + 2 \times 1,2 + 1 \times 9 + 4 \times 0,6 = 24,9 \text{ Var}$$

c) *Între fazele S-T :*

- un wattvarmetru înregistrator
- patru contoare
- două relee de tensiune

$$P = 1 \times 12 + 4 \times 0,8 + 2 \times 1,6 = 18,4 \text{ W}$$

$$Q = 1 \times 9 + 4 \times 0,6 + 2 \times 1,2 = 13,8 \text{ Var}$$

3) *Înfășurarea secundară auxiliară :*

- un releu pe distanță

$$P' = 8 \text{ W} ; Q = 6 \text{ Var}$$

4) *Puterea pe înfășurarea secundară :*

a) *înfășurarea de bază-consum permanent*

$$P_R = P'_R + \frac{3P'_{RS} + 3P'_{TR} + \sqrt{3} Q'_{RS} - \sqrt{3} Q'_{RT}}{6}$$

$$= 7,2 + \frac{3 \times 43,2 + \sqrt{3} \times 24,9}{6} = 7,2 + 28,8 = 36 \text{ W}$$

$$Q_R = Q'_R + \frac{-\sqrt{3} P'_{RS} + \sqrt{3} P'_{RT} + 3 Q'_{RS} + 3 Q'_{RT}}{6} =$$

$$= 5,4 + \frac{-\sqrt{3} \times 43,2 + 3 \times 24,9}{6} = 5,4 \text{ Var}$$

$$P_S = P'_S + \frac{3P'_{RS} + 3P'_{ST} - \sqrt{3} Q'_{RS} + \sqrt{3} Q'_{ST}}{6} =$$

$$= 7,2 + \frac{3 \times 43,2 + 3 \times 18,4 - \sqrt{3} \times 24,9 + \sqrt{3} \times 13,8}{6} = 7,2 + 27,6 = 34,8 \text{ W}$$

$$Q_S = Q'_S + \frac{\sqrt{3} P'_{RS} - \sqrt{3} P'_{ST} + 3 Q'_{RS} + 3 Q'_{ST}}{6} =$$

$$= 5,4 + \frac{\sqrt{3} \times 43,2 - \sqrt{3} \times 18,4 + 3 \times 24,9 + 3 \times 13,8}{6} = 5,4 + 26,6 = 32 \text{ Var.}$$

$$\begin{aligned}
 P_T &= P'_T + \frac{3 P'_{TR} + 3 P'_{ST} + \sqrt{3} Q'_{TR} - \sqrt{3} Q'_{ST}}{6} = \\
 &= 7,2 + \frac{3 \times 18,4 - \sqrt{3} \times 13,8}{6} = 7,2 + 5,2 = 12,4 \text{ W} \\
 Q_T &= Q'_T + \frac{-\sqrt{3} P'_{TR} + \sqrt{3} P'_{ST} + 3 Q'_{TR} + 3 Q'_{ST}}{6} = \\
 &= 5,4 + \frac{\sqrt{3} \times 18,4 + 3 \times 13,8}{6} = 5,4 + 12,2 = 17,6 \text{ Var.}
 \end{aligned}$$

Puterea aparentă :

$$\begin{aligned}
 S_R &= \sqrt{P_R^2 + Q_R^2} = \sqrt{36^2 + 5,4^2} = 36,4 \text{ VA} \\
 S_S &= \sqrt{P_S^2 + Q_S^2} = \sqrt{34,8^2 + 32^2} = 47,4 \text{ VA} \\
 S_T &= \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{12,4^2 + 17,6^2} = 21,5 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

b) Înfășurarea de bază-consum de scurtă durată :

$$\begin{aligned}
 P_R &= 53,4 + 28,8 = 82,2 \text{ W} ; & Q_R &= 39,8 + 0 = 39,8 \text{ Var} \\
 P_S &= 53,4 + 27,6 = 81 \text{ W} ; & Q_S &= 39,8 + 26,6 = 66,4 \text{ Var} \\
 P_T &= 53,4 + 5,2 = 58,6 \text{ W} ; & Q_T &= 39,8 + 12,2 = 52 \text{ Var}
 \end{aligned}$$

Puterea aparentă :

$$\begin{aligned}
 S_R &= \sqrt{82,2^2 + 39,8^2} = 91,3 \text{ VA} \\
 S_S &= \sqrt{81^2 + 66,4^2} = 104,7 \text{ VA} \\
 S_T &= \sqrt{58,6^2 + 52^2} = 78,9 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

5) Înfășurarea secundară suplimentară :

$$S = \sqrt{P'^2 + Q'^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ VA}$$

Pe baza datelor calculate se alege transformatorul TEMU-110.

Raport de transformare :

$$\frac{110\,000}{\sqrt{3}} \left/ \left( \frac{100}{\sqrt{3}} \right) \right/ 100 \text{ V}$$



Clasa de precizie : 0,5/1

Puterea secundară normală  $S_{sn}$

— Înfășurarea de bază clasa 0,5 : 300 VA

— Înfășurarea suplimentară clasa 1 : 600 VA

### I. Condiții impuse puterilor consumate :

1) Înfășurarea secundară de bază clasa 0,5

Deoarece puterea consumată este prea mică se adaugă o rezistență adițională cu o putere de 100 W pe fiecare fază a înfășurării secundare de bază, clasa 0,5 și 150 W pe înfășurarea secundară suplimentară, clasa 1.

În acest caz puterea aparentă devine :

a) Înfășurarea de bază — consum permanent :

$$S_R = \sqrt{(100 + 36)^2 + 5,42^2} = 137 \text{ VA}$$

$$S_S = \sqrt{(100 + 34,8)^2 + 32^2} = 138,6 \text{ VA}$$

$$S_T = \sqrt{(100 + 12,4)^2 + 17,6^2} = 113 \text{ VA}$$

$$0,25 S_{sn} < S \leq S_{sn}$$

$$0,25 \times 300 = 75 < 113 < 300$$

$$0,25 \times 300 = 75 < 138,6 < 300$$

Condiția este satisfăcută.

b) Înfășurarea de bază — consum de scurtă durată :

$$S_R = \sqrt{(100 + 82,2)^2 + 39,8^2} = 186,5 \text{ VA}$$

$$S_S = \sqrt{(100 + 81)^2 + 66,4^2} = 193 \text{ VA}$$

$$S_T = \sqrt{(100 + 58,6)^2 + 52^2} = 167 \text{ VA}$$

$$0,25 S_{sn} < S \leq S_{sn}$$

$$0,25 \times 600 = 150 < 167 < 600$$

Condiția este satisfăcută.

c) Înfășurarea suplimentară :

$$S = \sqrt{(150 + 8)^2 + 6^2} = 158,5 \text{ VA}$$

$$0,25 S_{sn} < S \leq S_{sn}$$

$$0,25 \times 600 = 150 < 158,5 < 600$$

Condiția este satisfăcută.

## ◆ Transformatoare de tensiune

Destinația transformatorului de tensiune		Stația Gradul de poluare al zonei Circuitul	110 kV II Celula de linie		
Tipul și furnizorul			TEMU-110 CIMAE		
Greutatea (masa)		Totală, kg Ulei, kg	750 250		
Caracteristici			Valori		
			Necesare	Garantate	
Tensiunea nominală primară			kV	$110/\sqrt{3}$	$110/\sqrt{3}$
Tensiunea nominală secundară	Înfășurarea nr. 1		kV	$0,1/\sqrt{3}$	$0,1/\sqrt{3}$
	Înfășurarea nr. 2		kV	0,1	0,1
Nivel de izolație	Tensiunea de ținere la unda de șoc (1,2/50 μs)		kV <sub>max.</sub>	450	450
	Tensiunea de ținere la frecvența industrială		kV <sub>ef</sub>	185	185
	Linia de fugă specifică		cm/kV	2,0	2,1
Efort la borne	Longitudinal		daN	100	100
	Transversal		daN	—	—
Înfășurarea secundară nr. 1	Clasa de precizie Puterea		VA	0,5 138,6	0,5 300
Înfășurarea secundară nr. 2	Clasa de precizie Puterea		VA	1 158,5	1 600
Înfășurarea secundară nr. 3	Clasa de precizie Puterea		VA		

## TRANSFORMATORE DE TENSIUNE

## 1. Incărcarea înfășurărilor

Sarcina permanentă

Lucrarea nr. ....

Stația de 110 kV

Circuitul primar: Celula de linie

Aparate racordate	Nr. aparatelor	Infășurarea de bază — Clasa 0,5												Infășurarea suplimentară, clasa 1								
		Sarcina totală												Sarcina unitară								
		Sarcina unitară			R			S			T			R-S			S-T			T-R		
		S	P	Q	P	Q	Var	P	Q	Var	P	Q	Var	P	Q	Var	P	Q	Var	P	Q	Var
		VA	W	Var	W	Var	W	W	Var	W	W	Var	W	W	Var	W	W	Var	W	W	Var	W
Voltmetru	1	3,5	2,8	2,1											2,8	2,1						
Voltmetru înregistrator	1	1,5	12	9											12	9						
Wattmetru	—																					
Wattvarmetru	—																					
Wattvarmetru înregistrator	1	15	12	9											12	9						
Contor CA-32	2	1	0,8	0,6											1,6	1,2						
Contor CR-32	2	1	0,8	0,6											1,6	1,2						
Releu de distanță	1	6	4,8	3,6																		
Releu de tensiune	2	2	1,6	1,2											3,2	2,4					10	8
Osciloperturbograf	1	3	2,4	1,8																		6
Lampă de semnalizare	1	10	10	—											10	—						
Rezistență adițională	1	100	100	100											100	100					150	130
TOTAL					107,2	5,4	107,2	5,4	107,2	5,4	107,2	5,4	43,2	24,9	18,4	13,8	—	—	—	150	150	138

ANEXA 3 b

## TRANSFORMATORE DE TENSIUNE

## 2. Încărcarea înfășurărilor

Sarcina de scurtă durată

Lucrarea nr. ....

Stația de 110 kV

Circuitul primar: Celula de linie

Aparate recomandate	Nr. aparate	Înfășurarea de bază — Clasa 1																		Înfășurarea suplimentară, clasa 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		Sarcina totală												Sarcina unitară																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		Sarcina unitară						R			S			T			R-S			S-T			T-R																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		P		Q		Var	W	P	Q	Var	W	P	Q	Var	W	P	Q	Var	W	P	Q	Var	W	P	Q	Var	W																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		S	VA	S	VA																							S	VA	S	VA	S	VA	S	VA	S	VA	S	VA	S	VA	S	VA	S	VA	S	VA	S	VA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Voltmetru	1	3,5	2,8	2,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Transformatoare de curent	PE 111-3/1975																																				
		Grupa 1 Electroener- getică																																				
<div>◆ C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Domeniul de aplicare . .</td><td>209</td></tr><tr><td>2. Prescripții tehnice existente</td><td>209</td></tr><tr><td>3. Condiții de instalare .</td><td>210</td></tr><tr><td>4. Numărul fazelor . . .</td><td>212</td></tr><tr><td>5. Frecvența nominală . .</td><td>212</td></tr><tr><td>6. Tensiunea nominală .</td><td>213</td></tr><tr><td>7. Nivelul de izolație . . .</td><td>213</td></tr><tr><td>8. Curentul primar nominal .</td><td>213</td></tr><tr><td>9. Curentul secundar nominal .</td><td>215</td></tr><tr><td>10. Numărul miezurilor . .</td><td>217</td></tr><tr><td>11. Clasa de precizie . . .</td><td>218</td></tr><tr><td>12. Coeficientul de saturație .</td><td>219</td></tr><tr><td>13. Puterea secundară nominală</td><td>220</td></tr><tr><td>14. Stabilitatea termică . . .</td><td>221</td></tr><tr><td>15. Stabilitatea electrodinamică . . .</td><td>222</td></tr><tr><td>16. Condiții de montaj și de exploatare .</td><td>223</td></tr><tr><td>Anexe.</td><td>223</td></tr></table>				Pag.	1. Domeniul de aplicare . .	209	2. Prescripții tehnice existente	209	3. Condiții de instalare .	210	4. Numărul fazelor . . .	212	5. Frecvența nominală . .	212	6. Tensiunea nominală .	213	7. Nivelul de izolație . . .	213	8. Curentul primar nominal .	213	9. Curentul secundar nominal .	215	10. Numărul miezurilor . .	217	11. Clasa de precizie . . .	218	12. Coeficientul de saturație .	219	13. Puterea secundară nominală	220	14. Stabilitatea termică . . .	221	15. Stabilitatea electrodinamică . . .	222	16. Condiții de montaj și de exploatare .	223	Anexe.	223
	Pag.																																					
1. Domeniul de aplicare . .	209																																					
2. Prescripții tehnice existente	209																																					
3. Condiții de instalare .	210																																					
4. Numărul fazelor . . .	212																																					
5. Frecvența nominală . .	212																																					
6. Tensiunea nominală .	213																																					
7. Nivelul de izolație . . .	213																																					
8. Curentul primar nominal .	213																																					
9. Curentul secundar nominal .	215																																					
10. Numărul miezurilor . .	217																																					
11. Clasa de precizie . . .	218																																					
12. Coeficientul de saturație .	219																																					
13. Puterea secundară nominală	220																																					
14. Stabilitatea termică . . .	221																																					
15. Stabilitatea electrodinamică . . .	222																																					
16. Condiții de montaj și de exploatare .	223																																					
Anexe.	223																																					
Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuiește :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975																																				



## **1. DOMENIUL DE APLICARE**

Prezentele instrucțiuni se aplică la alegerea său la verificarea transformatoarelor de curent din centralele electrice și din stațiile de conexiuni și transformare pînă la 400 kV, inclusiv.

Instrucțiunile nu tratează transformatoarele de curent care se bazează pe principiul inducției magnetice.

## **2. PRESCRIPTII TEHNICE EXISTENTE**

### **2.1. Standarde**

STAS 4324-70 Transformatoare de curent. Condiții generale.

STAS 6489-67 Rețele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației. Nivele de izolație și de protecție.

### **◆ 2.2. Prescripții departamentale**

PE 101/77 Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 103/70 Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile curenților de scurt-circuit.

PE 109/74	Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.
PE 503/77	Normativ de proiectare a instalațiilor de comandă și control din centrale și stații electrice.
PE 116/78	Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.

### **3. CONDIȚII DE INSTALARE**

#### **3.1. Altitudinea**

Transformatoarele de curent își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții până la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari se va consulta întreprinderea constructoare.

#### **3.2. Tipul interior sau exterior**

Se vor alege transformatoare de curent de interior în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau un adăpost, unde izolația este protejată contra ploii, zăpezii, depunerilor anormale de praf, condensării (inclusiv roua și chiciura), la nevoie prin încălzirea și ventilarea încăperii. În caz contrar se vor alege transformatoare de curent de exterior, special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decât tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.



### 3.3. Caracteristicile mediului ambiant

**3.3.1.** Domeniul de temperaturi pentru care este garantată buna funcționare a transformatorului de curent trebuie să corespundă temperaturilor reale din locul de montare a aparatului, determinate pe bază statistică.

Conform STAS 4324-70, transformatoarele de curent fabricate în țara noastră corespund domeniului de temperaturi cuprins între  $-30^{\circ}\text{C}$  și  $+40^{\circ}\text{C}$  în interior, respectiv  $-50^{\circ}\text{C}$ ,  $+40^{\circ}\text{C}$  și umiditatea maximă 70% pentru transformatoarele montate în interior.

Pentru cazurile în care valorile reale se pot găsi în afara domeniilor indicate, este necesară consultarea întreprinderii constructoare.

**3.3.2.** Umiditatea relativă a aerului în locul de montare a transformatorului de curent nu trebuie să depășească pe cea pentru care este garantată buna funcționare a acestuia. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

Pentru transformatoarele montate în interior STAS 4324-70 normează umiditatea maximă la 70%.

Depunerile de umiditate pe transformatoarele de curent de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu este posibil, se va recurge la condiționarea aerului sau se vor alege aparate de tip exterior.

**3.3.3.** Impurificările atmosferice în cazul transformatoarelor de curent de exterior de fabricație curentă trebuie să fie suficient de reduse pentru a nu prezenta pericole deosebite. Pentru atmosfere poluate se va indica furnizorului gradul de poluare din zona de amplasare.

**3.3.4.** Presiunea vântului pe aparatele de exterior se determină cu relația :

$$P = 0,7 \frac{V_{\max.}}{16} \text{ (daN/m}^2\text{)}$$

unde  $V_{\max.}$  este viteza maximă a vântului (m/s). Se determină în raport cu condițiile climatice locale sau conform prevederilor din normativul PE 101 în cazul în care nu se cunosc datele locale.

Valoarea astfel obținută nu trebuie să o depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare.

## **4. NUMĂRUL FAZELOR**

**4.1.** În circuitele monofazate, transformatoarele de curent se montează pe un singur conductor (fază). Se va căuta, pe cât posibil, ca în toate circuitele monofazate ale aceleiași instalații, transformatoarele de curent să se instaleze pe conductoare de aceeași polaritate.

În circuitele monofazate alimentate de la rețele trifazate și la care unul dintre conductoare este racordat la o fază, iar celălalt la nul, transformatoarele de curent se montează de regulă pe conductorul de fază.

**4.2.** În circuitele trifazate, numărul fazelor pe care se montează transformatoarele de curent depinde de aparatele de măsură și de protecție pe care acestea trebuie să le alimenteze. În cazul instalării pe o singură fază, se alege de preferință faza S, iar în cazul instalării pe două faze se aleg de preferință fazele R și T.

Normativul PE 503 stabilește volumul de măsurări necesare.

Pentru măsurări de mare precizie se prevăd transformatoare de curent pe toate cele trei faze.

## **5. FRECVENȚA NOMINALĂ**

Frecvența nominală a transformatoarelor de curent trebuie să fie egală cu cea a rețelei.

De asemenea, abaterile de la frecvența rețelei produse în exploatare nu trebuie să depășească limitele admise de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile. Transformatoarele proiectate pentru 50 Hz vor putea fi utilizate și la frecvențe cuprinse între 15 și 100 Hz prin modificarea corespunzătoare a clasei de precizie și a puterii secundare, cu acordul furnizorului.

## 6. TENSIUNEA NOMINALĂ

**6.1. Tensiunea nominală** a transformatoarelor de curent va fi cel puțin egală cu cea a instalației în care se montează.

În cazuri speciale se admit excepții. De exemplu, la transformatoarele de curent situate în circuitul de legare la pământ al punctelor neutre ale transformatoarelor sau la cele situate pe partea legată la pământ a înfășurărilor generatoarelor, alegerea tensiunii nominale se va face în funcție de tensiunile maxime la frecvența rețelei care pot apărea în punctul respectiv, ținând seama de indicația dată la pct. 6.2.

**6.2. Tensiunea maximă de lucru**  $U_m$  a transformatorului de curent admisă de întreprinderea constructoare nu va fi mai mică decât tensiunea maximă de funcționare a rețelei în punctul respectiv.

## 7. NIVELUL DE IZOLAȚIE

**7.1.** Tensiunile de încercare vor fi cel puțin egale cu cele prevăzute în STAS 4324-70.

Pentru altitudini mai mari decât 1 000 m, se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderea constructoare.

◆ **7.2.** Lungimea liniei de conturare pe suprafața izolatoarelor în funcție de gradul de poluare a atmosferei este indicată în normativul PE 109.

## 8. CURENTUL PRIMAR NOMINAL

**8.1.** Curentul primar nominal  $I_{pn}$  al transformatorului de curent va fi astfel ales, încât să fie respectate condițiile :

$$I_{nc} \leq I_{pn} \quad (a)$$

$$I_{md} \leq 1,2 I_{pn} \quad (b)$$

unde :  $I_{nc}$  este curentul nominal al circuitului primar ;

$I_{md}$  — curentul maxim de durată al circuitului primar.

Se va alege de preferință valoarea minimă care satisface condițiile de mai sus.

**8.2.** La transformatoarele de curent care alimentează aparatele de măsură se recomandă ca  $I_{pn}$  să nu difere mult de  $I_{nc}$ , pentru a nu mări erorile de măsură la curenți mici. În acest caz se admite ca  $I_{nc}$  să-l depășească cu maximum 20% pe  $I_{pn}$ , condiția (a) înlocuindu-se cu condiția :

$$I_{nc} \leq 1,2 I_{pn} \quad (a')$$

Astfel, pentru un circuit cu curentul nominal de 105 A, se poate alege un transformator cu curent de 100 A în locul unuia de 150 A.

**8.3.** Condițiile (a') și (b) se bazează pe faptul că transformatoarele de curent admit o suprasarcină permanentă de 20%.

În cazurile în care suprasarcina admisă are altă valoare, se va face corecția corespunzătoare.

**8.4.** O condiție suplimentară la transformatoarele de curent care alimentează aparate de măsură indicatoare sau înregistratoare este ca scala gradată a acestora să fie prelungită peste limita superioară a domeniului de măsurare, cel puțin până la valoarea  $I_{md}$ .

Dacă acest lucru nu este posibil, condiția (b) se înlocuiește cu condiția :

$$I_{md} \leq I_{pn}, \quad (b')$$

iar înlocuirea condiției (a) cu condiția (a') nu este posibilă.

**8.5.** La transformatoarele de curent care alimentează releele de protecție diferențială ale transformatoarelor de putere sau ale grupurilor generator-transformator, curentul primar nominal determinat pe baza condițiilor de mai sus poate fi mărit la o valoare superioară, pentru a ține seama de conectarea în triunghi a înfășurărilor secundare de pe cele trei faze. Prin aceasta se evită necesitatea unor transformatoare de curent intermediare, dar precizia măsurărilor scade.

**8.6.** La transformatoarele de curent care alimentează releele de protecție diferențială a barelor colectoare, curentul

primar nominal determinat pe baza condițiilor de mai sus poate fi mărit la o valoare superioară în anumite celule, pentru a se utiliza transformatoare de curent identice în toate celulele. Prin aceasta se evită necesitatea unor transformatoare de curent intermediare, dar scade precizia măsurărilor (soluție mai rar folosită).

**8.7.** Creșterea curentului primar nominal față de valorile determinate pe baza condițiilor de mai sus se poate face de asemenea în vederea reducerii coeficientului de saturație necesar la miezurile pentru protecție, dar și în acest caz precizia măsurărilor scade.

**8.8.** În circuitele la care se prevede posibilitatea creșterii în viitor a curentului nominal, se recomandă alegerea unor transformatoare de curent cu două sau trei trepte ale curentului primar nominal, utilizate la început la treapta cea mai mică. Astfel de transformatoare se fabrică de obicei numai pentru tensiuni înalte.

Se menționează că pentru modificarea raportului de transformare există două soluții constructive, și anume :

- realizarea înfășurării primare din două sau mai multe secții, conectabile în serie sau în paralel ;
- realizarea unor prize intermediare la înfășurarea secundară.

Ultima soluție se folosește numai în cazurile în care nu se poate aplica prima soluție, de exemplu la transformatoarele de curent de tip bară sau cu înfășurarea primară monospirală. Ea are dezavantajul că la treptele mai mici, la care se utilizează numai o parte a înfășurării secundare, puterea secundară nominală scade cu pătratul numărului de spire. Dacă, de exemplu, întreaga înfășurare secundară are o putere de 60 VA, la folosirea unei prize intermediare situate la mijlocul înfășurării puterea scade la 15 VA.

## 9. CURENTUL SECUNDAR NOMINAL

**9.1.** Se prevede curentul secundar nominal de 5 A sau 1 A, pe baza unui calcul tehnico-economic.

**9.2.** În cazul conductoarelor de lungimi mari, se admite alegerea unui curent secundar nominal mai mic decât 5 A (de-

regulă 1 A), în vederea reducerii consumului de putere în conductoare. Aparatele alimentate trebuie să corespundă acestei condiții.

La stațiile de 220—400 kV se prevede de regulă 1 A.

**9.3.** La alegerea unui curent secundar nominal mai mic decât 5 A se va ține seama de următoarele considerente:

a) Tensiunea maximă la bornele înfășurării secundare a transformatorului de curent în funcționare normală are valoarea :

$$U_{s_{\max.}} = \frac{P_{sn}}{I_{sn}}$$

unde :  $U_{s_{\max.}}$  este tensiunea maximă la bornele înfășurării secundare a transformatorului de curent, V ;

$P_{sn}$  — puterea nominală a înfășurării secundare, VA ;

$I_{sn}$  — curentul secundar nominal, A.

Dacă în cazul unui scurtcircuit în rețeaua primară, curentul secundar crește de exemplu de  $k$  ori față de valoarea sa nominală, la bornele înfășurării secundare apare tensiunea  $U_{ssc}$  :

$$U_{ssc} = kU_{s_{\max.}} \quad (V)$$

După cum se constată din relațiile de mai sus, valoarea  $U_{ssc}$  crește când  $I_{sn}$  scade. La curenți secundari nominali mai mici decât 5 A, există pericolul ca tensiunea secundară  $U_{ssc}$  să depășească tensiunea de încercare a circuitelor secundare, apărând pericolul străpungerii și al conturnărilor.

De fapt creșterea tensiunii secundare este mai mare decât cea a curentului secundar, din cauza faptului că la scurtcircuit variația fluxului nu mai este sinusoidală. Curba fluxului devine aproximativ dreptunghiulară și are ca urmare vîrfuri de tensiune de valoare ridicată.

b) La întreruperea accidentală a circuitului secundar al unui transformator de curent, amperspirele secundare se anulează, întregul curent primar devenind curent magnetizat. Cresc

corespunzător fluxul și tensiunea secundară și apare pericolul supraîncălzirii transformatorului, al străpungerilor și al electrocutării.

Acest pericol este cu atât mai mare, cu cât curentul secundar nominal este mai mic.

## 10. NUMĂRUL MIEZURILOR

**10.1.** În principiu se prevăd miezuri (înfășurări secundare) separate pentru alimentarea următoarelor categorii de aparate :

- a) Aparate de măsură.
- b) Aparate de protecție (exclusiv protecția diferențială) și automatizare.
- c) Aparate pentru protecție diferențială.
- d) Dispozitive de acționare pentru curent operativ alternativ.

**10.2.** Dacă un grup de transformatoare de curent alimentează mai multe protecții diferențiale, pentru fiecare dintre acestea vor exista miezuri separate.

**10.3.** În cazuri excepționale, bine justificate, în care transformatorul de curent nu are suficiente înfășurări secundare cu caracteristicile necesare sau în care numărul aparatelor care trebuie alimentate de la o anumită înfășurare este prea mare, se poate recurge la alimentarea aparatelor pentru protecția maximală de curent de la alte înfășurări decât cea corespunzătoare acestei protecții, și anume :

- de la înfășurarea pentru măsurare, cu condiția ca valoarea curentului de acționare a protecției (treapta cea mai mare) să nu depășească curentul de saturație al miezului ;
- de la înfășurarea pentru protecție diferențială.

**10.4.** Pentru reglarea excitației generatoarelor sincrone (compoundare) se vor folosi de regulă transformatoare de curent separate.

## 11. CLASA DE PRECIZIE

11.1. Pentru alimentarea aparatelor de măsură indicatoare și înregistratoare montate pe tablourile de comandă este necesară pentru transformatoarele de măsură clasa de precizie 1.

◆ 11.2. Contoarele pentru evidența tehnică și comercială a energiei active și reactive produse de generatoare, compensatoare și motoare sincrone sau consumată de serviciile proprii ale centralelor și stațiilor electrice, precum și cele montate pe liniile de 110 kV sau mai mult, pe care se face schimb de energie între sistemele energetice, trebuie conectate la transformatoare de măsură avînd cel puțin clasa de precizie 0,5.

Necesitatea selecționării va fi comunicată întreprinderii constructoare.

Pentru circuitele prin care se realizează interconexiuni cu alte țări sau pentru circuite de mare importanță (de exemplu pentru măsurări de randamente la grupuri generatoare), se pot prevedea înfășurări de clasa 0,2. Astfel de cazuri se vor stabili de comun acord cu Dispecerul Energetic Național.

11.3. Pentru alimentarea aparatelor de protecție și automatizare sînt necesare în general următoarele clase de precizie :

- *clasa 1* — pentru relee direcționale și de distanță, relee diferențiale, relee de protecție contra punerilor la pămînt ;
- *clasa 5P* — pentru relee maximele de curent și pentru dispozitive de acționare cu curent operaativ alternativ ;
- *clasa 10P* — pentru relee diferențiale, în cazul transformatoarelor de curent fabricate în țară.

Utilizarea înfășurărilor din clasa 1 pentru protecția diferențială se va comunica întreprinderii furnizoare a transformatoarelor de curent.

Pentru alte aparate de protecție sau de automatizare se pot folosi, după caz, clasele 1 sau 3, ținînd seama de faptul că la clasa 3 nu se garantează eroarea de unghi.



Pentru alimentarea releelor maximele de curent se va ține seama și de indicațiile de la pct. 10.3.

La alegerea clasei de precizie pentru alimentarea diverselor aparate de protecție și automatizare este necesar, de asemenea, să se ia în considerare indicațiile întreprinderilor constructoare care furnizează aparate.

Se menționează că pentru anumite aparate de automatizare, întreprinderile constructoare livrează transformatoare de curent speciale cu precizia necesară.

## 12. COEFICIENTUL DE SATURAȚIE

**12.1.** Coeficientul de saturație nominal „n” al miezurilor pentru măsurare trebuie să fie suficient de mic, pentru ca la șocurile de curent să nu fie puse în pericol aparatele de măsură.

Aparatele de măsură fabricate în țară suportă șocuri de curent de 10 ori curentul nominal. Coeficientul de saturație va avea deci valoarea  $n < 10$  (preferabil  $n < 5$ ).

În cazul aparatelor de măsură fabricate în străinătate, la alegerea coeficientului de saturație se va ține seama de capacitatea lor de a suporta șocuri de curent.

Se menționează că reducerea sarcinii secundare sub valoarea nominală conduce la creșterea coeficientului de saturație real. Acest fapt trebuie în general evitat, prin dimensionarea corespunzătoare a conductoarelor de legătură și recurgându-se, la nevoie, la impedanțe adiționale, în serie cu aparatele, astfel încât sarcina secundară să fie cât mai apropiată de cea nominală.

**12.2.** Coeficientul de saturație nominal al miezurilor pentru protecție se va stabili în funcție de erorile admise de instalațiile de protecție alimentate, ținând seama și de indicațiile întreprinderilor constructoare care furnizează aparatajul de protecție.

**12.3.** Când coeficientul de saturație nominal al unui miez pentru protecție este insuficient, există următoarele soluții:

a) Mărirea coeficientului de saturație prin reducerea sarcinii secundare a înfășurării respective. Între coeficientul de

saturație nominal  $n$  (garantată la sarcina secundară nominală  $Z_{sn}$ , respectiv la puterea secundară nominală  $S_{sn}$ ) și coeficientul de saturație real  $n'$  la sarcina secundară  $Z_s$  (respectiv la altă putere secundară  $S_s$ ) există relația :

$$\frac{n'}{n} = \frac{Z_{sn}}{Z_s} = \frac{S_{sn}}{S_s}$$

Se atrage atenția însă că sarcina secundară nu poate fi redusă sub valoarea minimă pentru care sînt garantate erorile.

b) Mărirea curentului primar nominal al transformatorului de curent, ceea ce are ca urmare reducerea multiplului  $m$  al curentului primar de scurtcircuit.

Dezavantajul acestei soluții constă în creșterea erorilor care se produc la înfășurările de măsurare.

## 13. PUTEREA SECUNDARĂ NOMINALĂ

**13.1.** Pentru determinarea încărcării transformatoarelor de curent, se vor lua în considerare sarcinile reprezentate de aparatele alimentate, de conductoarele de legătură și de contacte, ținînd seama de asemenea de schema de conexiuni.

**13.2.** Pentru fiecare înfășurare secundară, sarcina  $Z$  [ $\Omega$ ], respectiv puterea aparentă consumată  $S$  [VA] trebuie să satisfacă condiția :

$$Z_{s_{min.}} \leq Z \leq Z_{sn}$$

$$S_{s_{min.}} \leq S \leq S_{sn}$$

unde :  $Z_{sn}$  este sarcina secundară nominală a înfășurării respective ;

$S_{sn}$  — puterea secundară nominală a înfășurării ;  
este valabilă relația :

$$S_{sn} = Z_{sn} \cdot I_{sn}^2$$

- $Z_{s_{\min}}$ . — sarcina minimă admisă de întreprinderea constructoare, pentru care sînt garantate erorile ;  
 $S_{s_{\min}}$ . — puterea secundară minimă corespunzătoare.

Conform STAS 4324-70, sarcina minimă și puterea secundară minimă reprezintă următoarele fracțiuni din valoarea nominală  $Z_{sn}$  la  $\cos \varphi = 0,8$  (pentru frecvența nominală de 50 Hz) :

— la clasele 0,1—0,2—1 .	—
— la clasele 0,5	25%
— la clasele 3	50%

La înfășurările pentru protecție se admite neîndeplinirea condiției de mai sus, dacă erorile suplimentare care se produc se mențin în limite admisibile pentru aparatele de protecție alimentate.

Scăderea sarcinii secundare sub valoarea nominală mărește coeficientul de saturație real, ceea ce prezintă avantaje în cazul circuitelor de protecție. În circuitele de măsurare însă, aceasta poate pune în pericol stabilitatea electrodinamică a aparatelor la șocuri de curent. În aceste circuite se recomandă deci o încărcare cît mai apropiată de cea nominală, eventual prin adăugarea de impedanțe adiționale în serie.

**13.3.** În cazul măsurărilor de mare precizie, este necesar să se țină seama și de factorul de putere al sarcinii secundare, care trebuie să fie egal cu 0,8.

**13.4.** Puterea secundară nominală a transformatoarelor de curent poate fi dublată prin legarea în serie a două înfășurări secundare identice. Cele două înfășurări secundare pot aparține aceluiași transformator de curent sau pot face parte din două transformatoare de curent identice.

## 14. STABILITATEA TERMICĂ

**14.1.** Pentru verificarea stabilității termice sînt determinante curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum și punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

**14.2.** Curentul echivalent  $I_m$  al scurtcircuitului se determină conform Instrucțiunii PE 103.

**14.3.** Curentul-limită de stabilitate termică de 1 s ( $I_{lt}$ ) al transformatorului de curent este indicat de întreprinderea constructoare.

Uneori este indicat coeficientul termic  $K_t$  și, în acest caz curentul-limită de stabilitate termică rezultă din relația :

$$I_{lt} = K_t \cdot I_{pn}$$

Dacă în loc de  $I_{lt}$  este indicat curentul de stabilitate termică  $I_{tt}$ , pentru o durată de timp  $t$  diferită de 1 s, în lipsa altor indicații se poate folosi relația :

$$I_{lt} = I_{tt} \sqrt{t}$$

**14.4.** Transformatorul de curent este stabil termic, dacă este îndeplinită condiția :

$$I_m \leq I_{lt}$$

$I_m$  = curentul echivalent al scurtcircuitului.

**14.5.** Conductoarele circuitelor secundare sînt stabile termic dacă suportă timp de 1 s curentul secundar corespunzător curentului echivalent al scurtcircuitului.

În caz de necesitate, se poate ține seama de saturația miezului magnetic, care limitează curentul secundar la scurtcircuit (dacă este depășit coeficientul de saturație).

## 15. STABILITATEA ELECTRODINAMICĂ

**15.1.** Pentru verificarea stabilității electrodinamice a transformatoarelor de curent din circuitele trifazate, este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

**15.2.** Curentul de stabilitate electrodinamică  $I_d$  (amplitudine) al transformatorului de curent este indicat de întreprinderea constructoare.

Uneori este indicat coeficientul electrodinamic  $K_d$  și în acest caz curentul de stabilitate electrodinamică rezultă din relația :

$$I_d = \sqrt{2} K_d \cdot I_{pn}$$

**15.3.** Transformatorul de curent este stabil electrodinamic, dacă este îndeplinită condiția :

$$i_s \leq I_d,$$

unde  $i_s$  este amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc.

**15.4.** Efortul de șoc transmis bornelor de conductoarele racordate nu trebuie să depășească valoarea admisibilă, indicată de întreprinderea constructoare.

## 16. CONDIȚII DE MONTAJ ȘI EXPLOATARE

**16.1.** La montarea transformatoarelor de curent se vor respecta indicațiile date de fabrica constructoare în „Instrucțiunile de montaj și exploatare“, precum și prevederile din Fișa tehnologică F-IE-4/69 întocmită de trustul Energomontaj.

În ceea ce privește condițiile generale de amplasare și măsurile legate de paza contra incendiilor, se vor respecta prevederile normativului PE 101.

**16.2.** În exploatare se vor respecta prevederile prevăzute de furnizor în „Instrucțiunile de montaj și exploatare“.

Anexa 1

### Exemplu de calcul

Datele necesare pentru proiectare :

1. Destinația circuitului primar : celulă de transformator.
2. Numărul de faze ale circuitului primar : 3.
3. Tensiunea nominală a circuitului primar : 110 kV.
4. Tensiunea maximă de funcționare conform STAS 6489-67.

4. Curentul nominal al circuitului primar :

Puterea înfășurării : 20 MVA.

$$\text{Curentul nominal} : \frac{20\,000}{\sqrt{3} \times 110} = 105 \text{ A.}$$

În viitor se prevede înlocuirea acestui transformator cu un transformator de 40 MVA, avînd curentul nominal de 210 A.

5. Curentul maxim de durată : se admite o supraîncărcare de 25% a înfășurării transformatorului :

$$1,25 \times 105 = 131 \text{ A.}$$

6. Regimul de încărcare : circuitul funcționează în cea mai mare parte a timpului cu o sarcină apropiată de cea nominală.

7. Curentul secundar nominal (pentru aparatele la care el este impus) : aparatele de măsură și releele sînt proiectate pentru 5 A.

8. Destinația aparatelor de măsură : evidență tehnică.

9. Condiții speciale impuse preciziei măsurătorilor.

10. Tipul, numărul și consumul aparatelor racordate :

— Aparat de măsură :

— 1 ampermetru E-541 pe faza S = 4 VA ;

— 2 contoare (pe faza R, T).

— Aparat pentru protecția maximală :

— 3 releu cu curent RC-2-104 (cîte unul pe fiecare fază) = 4 VA (unitar).

— Aparat pentru protecția de suprasarcină :

— 1 releu RC-2-6A pe faza R = 2 VA.

Transformator egalizare : 10 VA/fază.

— Aparat pentru protecția diferențială :

— 1 releu diferențial (bobina de reținere) 10 VA/fază.

11. Locul de montare a aparatelor receptoare : în camera de comandă.

Lungimea traseului de legătură între transformatoarele de curent și aparatele alimentate : 200 m.

12. Tratarea neutrului rețelei primare : neutrul este legat direct la pămînt.

13. Timpul de declanșare propriu al fiecărei protecții (treapta cea mai rapidă) :

— protecția diferențială : 0,1 s ;

— protecția maximală și de suprasarcină : 0,9 s.

Timpul de declanșare total al protecției de rezervă (întrucît există zone necuprinse în protecția de bază) este de 0,95 s.

14. Datele de scurtcircuit (valori-plafon, care țin seama de perspectivele de viitor) :

a) Pentru verificarea stabilității termice.

În cazul de față, scurtcircuitul trifazat este cel mai defavorabil din punct de vedere termic :

$$I_{k3}'' = 15 \text{ kA} ;$$

$$I_{k3} = 13,2 \text{ A} ;$$

$$R/X = 0,1.$$

b) Pentru verificarea stabilității electrodinamice sînt suficiente datele de mai sus.

c) Pentru determinarea coeficientului de saturație al protecției diferențiale, se presupune un scurtcircuit în afara zonei protejate, alimentat prin transformator (în cazul transformatorului de 40 MVA) :

$$I_{k3}'' = 2100 \text{ A}$$

15. Curentul de acționare al protecției maxime :

$$\frac{1,2}{0,85} \cdot I_n = 150 \text{ A}$$

16. Zona geografică și altitudinea : regiune subcarpatică altitudine 500 m.

Numărul fazelor. Pentru satisfacerea necesităților protecției, se vor monta transformatoare de curent pe toate cele trei faze.

Tensiunea nominală și tensiunea maximă de funcționare vor fi egale cu cele ale circuitului primar (110 kV).

Se presupune că tensiunea maximă de funcționare a rețelei corespunde STAS 6489-67, iar transformatorul de curent va fi de fabricație indigenă, astfel încît nu va fi necesară verificarea respectării tensiunii maxime garantate.

Curentul primar nominal :  $I_{pn}$  ;

Curentul nominal al circuitului primar :  $I_{nc} = 105 \text{ A}$ .

Curentul maxim de durată :

$$I_{md} = 131 \text{ A} ;$$

$$I_{pn} \geq 105 \text{ A} ;$$

$$I_{pn} \geq \frac{131}{1,2} = 109 \text{ A}.$$

Întrucît  $I_{md} > I_{pn}$ , nu este necesară prelungirea scalei gradate a aparatului de măsură.

Pentru a se ține seama de creșterea curentului nominal, în viitor se va alege un transformator de curent cu două trepte în primar : 150—300 A.

Curentul secundar nominal  $I_s$

Se prevede  $I_{sn} = 5 \text{ A}$

Raportul de transformare nominal :

$$K_n = 150/5 \text{ A}$$

Numărul miezurilor. Sînt necesare trei miezuri, pentru următoarele categorii de aparate : măsură, protecție maximală și de suprasarcină, protecție diferențială.

### Clasa de precizie

Înfășurarea pentru măsură : clasa 0,5 (aparate indicatoare + contoare) ; înfășurarea pentru protecție : clasa P ; înfășurarea pentru protecție diferențială : clasa P.

Pe baza datelor stabilite mai sus se alege provizoriu transformatorul de curent  $2 \times 150/5/5 \text{ A}$ , clasa 0,5/P/P.

Coefficient de saturație :

— Miezul pentru măsură :  $n < 10$ .

— Miezul de protecție :  $n > 20$ .

— Miezul pentru protecția diferențială :

$$m = \frac{I_{K3}''}{i_{sn}} = \frac{2100}{300} = 7.$$

S-a luat în considerare curentul de scurtcircuit la un defect produs în afara zonei protejate.

Coefficientul mare ține seama de aportul componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit, la  $t_{prot.} = 0,1 \text{ s}$  :

$$K_a = 1,8$$

Rezultă coeficientul de saturație :

$$n > K_a m = 1,8 \times 7 = 12,6$$

Condiția este satisfăcută, întrucît coeficientul de saturație al miezului este :

$$n > 20.$$

### Puterea secundară nominală

1. Înfășurarea pentru măsură :

a) Puterile consumate de aparate și contacte :

Fazele R și T : 2 contoare	1,2 VA
contacte	2,5 VA
	<hr/>
	$P_1 = P_3 = 3,7 \text{ VA}$



Faza S : 1 ampermetru E — 541	4 VA
contacte	2,5 VA
	<hr/> P <sub>2</sub> = 6,5 VA

b) Încărcarea înfășurării se calculează cu relațiile din lucrarea „Instalații electrice ale centralelor și stațiilor“.

Pentru aparatele de măsură :

$$P_R = P_1 + 1,1 P_c ;$$

$$P_S = P_2 + 1,1 P_c ;$$

$$P_T = P_3 + 1,1 P_c .$$

Înfășurarea de protecție

Pentru relele de protecție :

Valoarea maximă :

$$P_r = P_1 + P_0 + 2 P_c$$

$$P_s = P_2 + P_0 + 2 P_c$$

Valoarea minimă :

$$P_r = P_1 + P_c$$

$$P_s = P_2 + P_c$$

$$P_t = P_3 + P_c$$

c) Prin încercări, se alege secțiunea conductorului  $s = 6 \text{ mm}^2$ .

Puterea consumată în conductoare :

$$P_c = \rho \frac{L}{S} I_{sn}^2 = \frac{1}{57} \times \frac{200}{6} \times 5^2 = 14,7 \text{ VA}$$

$$P_R = P_T = P_1 + 1,1 P_c = 3,7 + 1,1 \times 14,7 = 19,9 \text{ VA}$$

$$P_S = P_2 + 1,1 P_c = 6,5 + 1,1 \times 14,7 = 22,7 \text{ VA}$$

Puterea nominală a înfășurării :  $P_{sn} = 30 \text{ VA}$

Este îndeplinită condiția :

$$0,25 P_{sn} < P \leq P_n$$

$$0,25 \times 30 = 7,5 < 20 < 22,7 < 30$$

Puterea reală consumată este apropiată de cea nominală, deci nu sînt necesare rezistențe adiționale.

d) Încărcarea înfășurărilor în regim de scurtcircuit (pentru protecția maximală)

Prin încercare se alege secțiunea conductei  $10 \text{ mm}^2$ ;  $P_0=8,6 \text{ VA}$

$$P_r = P_1 + P_0 + 2 P_c = 11 + 0 + 2 \times 8,6 = 28,2 \text{ VA}$$

Valoarea minimă :

$$P_s = P_t = P_2 + P_c = 6,5 + 8,6 = 15,1 \text{ VA}$$

Puterea înfășurării de clasa P este indicată în catalog = 30 VA.  
Este îndeplinită condiția :

$$0,25 P_{sn} < P < P_{sn}$$

$$0,25 \times 30 = 7,5 < 15,1 < 28,2 < 30$$

2. Înfășurarea pentru protecția diferențială :

a) Puterile consumate pe fiecare fază :

releu diferențial

(înfășurare de reținere) : 10 VA

contacte 2,5 VA

$$P = 12,5 \text{ VA}$$

Puterea consumată de transformatoarele intermediare :

$$P_t = 10 \text{ VA}$$

Încărcarea înfășurărilor, conform lucrării menționate. Valoarea maximă :

$$P_R = P_s = P_T = P_T + \frac{1}{k^2} 3 P'_d + \frac{1}{k^2} \cdot 3 P'_c$$

Valoarea minimă :

$$P_R = P_s = P_T = P_T + \frac{1}{k^2} 2 P_a + \frac{1}{k^2} \cdot 2 P'_c$$

b) Prin încercări se alege secțiunea conductorului :

$$s = 10 \text{ mm}^2$$

Puterea consumată în conductoare :

$$P_c = \rho \frac{L}{S} I_{sn}^2 = \frac{1}{57} \times \frac{200}{10} \times 5^2 = 8,6 \text{ VA}$$

c) Încărcarea înfășurărilor în regim de scurtcircuit :

Valoarea maximă :

$$P_R = 10 + \frac{1}{1,73^2} \times 3 \times 12,5 + \frac{1}{1,73^2} \times 3 \times 8,65 = 31 \text{ VA}$$

Valoarea minimă :

$$P_R = 10 + \frac{1}{1,73^2} \times 2 \times 12,5 + \frac{1}{1,73^2} \times 2 \times 8,65 = 24,15 \text{ VA}$$

Puterea nominală a înfășurării :

$$P_{sn} = 30 \text{ VA}$$

Este îndeplinită condiția :

$$0,25 P_{sn} < P \leq P_{sn}$$

$$0,25 \times 30 = 7,5 < 24,15 < 31 \approx 30$$

### Stabilitatea termică

1. În cazul dat, scurtcircuitul trifazat este cel mai defavorabil.

2. Determinarea coeficientului  $m$  :

Valoarea raportului  $R/X$  :  $R/X = 0,1$

Din curba  $z = f(R/x)$  din instrucțiunile PE 103 rezultă  $z = 1,75$

La timpul de declanșare total :  $t = 0,95 \text{ s}$ , din curba  $m = f(t)$  rezultă  $m \approx 0$

3. Determinarea coeficientului  $n$  :

Pentru raportul :

$$\frac{I_{k3}''}{I_{k3}} = \frac{15}{13,2} = 1,14$$

din curba  $n = f(t)$  din instrucțiunile PE 103, rezultă  $n = 0,97$

4. Determinarea curentului mediu echivalent :

$$I_m = I_{k3}'' \sqrt{(m+n)t} = 15\,000 \sqrt{(0+0,97) \times 0,95} = 14\,400 \text{ A}$$

5. Curentul de stabilitate termică de 1 s al transformatorului de curent :

$$I_{It} = 20\,000 \text{ A}$$

Condiția de stabilitate termică este îndeplinită :

$$I_m \leq I_{It}$$

$$14\,400 < 20\,000$$

6. Verificarea stabilității termice a conductoarelor :

$$\frac{a I_m}{K_n J_t} \leq S$$

În etapa de perspectivă, cînd se va atinge puterea de scurtcircuit la care se face verificarea, transformatorul de 20 MVA va fi înlocuit cu un transformator de 40 MVA, iar curentul primar nominal al transformatoarelor de curent va fi stabilit pe treapta de 300 A, deci raportul de transformare va fi :

$$K_n = \frac{300}{5} = 60$$

a) Conductoarele circuitelor de măsură :

$$a = 1 ; j_t = 130 \text{ A/mm}^2 ; s = 6 \text{ mm}^2$$

$$\frac{1 \times 14\,400}{60 \times 130} = 1,85 < 6$$

b) Conductoarele circuitelor de protecție diferențială și maximală :

$$a = 3 ; j_t = 130 \text{ A/mm}^2 ; s = 10 \text{ mm}^2$$

$$\frac{3 \times 14\,400}{60 \times 130} = 6,5 < 10$$

Conductoarele sînt stabile termic.

### Stabilitatea electrodinamică

1. Curentul de stabilitate electrodinamică al transformatorului de curent este indicat în catalog sub forma :

$$I_d = 1,8 \sqrt{2} I_{lt} = 1,8 \sqrt{2} \times 20\,000 = 51\,000 \text{ A}$$

Condiția de stabilitate electrodinamică este îndeplinită :

$$x \sqrt{2} I_{k3}^* \leq I_d$$

$$1,75 \sqrt{2} \times 15\,000 = 37\,200 < 51\,000$$

2. Efortul admisibil la borne = 100 kg (informativ).

Pe baza datelor obținute din calculul conductoarelor de racord, se verifică dacă această valoare nu este depășită (40 kg).

◆ Anexa 2

## Transformator de curent

Destinația transformatorului de curent	Stația (centrala) Gradul de poluare al zonei Circuitul	110/10 kV II Transformator 20 (40) MVA		
Tipul și furnizorul		CESU 110 B CIMAE — Craiova		
Greutatea (masa)	Totală (kg masă) Ulei (kg masă)	750 250		
Caracteristici		Unitatea de măsură	Valori	
			Necesară	Garantată
Frecvența		Hz	50	50
Tensiunea nominală		kV	110	123
Nivel de izolație (rețea cu neutru legat la pământ)	Tensiunea de ținere la unda de șoc (1,2/50 μs)	kV max.	450	450
	Tensiunea de ținere la frecvența industrială, 50 Hz	kV ef.	185	185
	Linie de fugă specifică	cm/kV	2	2,1
Curentul	Nominal primar în serviciu continuu	A	105	150
	Prezumat primar al circuitului în regim de suprasarcină	A	131	—
	Nominal secundar	A	5	5
Curentul limită termică (mediu echivalent de 1 s)		kA	14,4	20
Curentul limită dinamic		kA	37,2	51
Efort la borne	Longitudinal	daN	40	100
	Transversal	daN	—	—
Însășurarea 1 (măsură)	Coefficient saturație Putere	(VA)	22,7	<10 30
Înfășurarea 2	Coefficient saturație Putere	(VA)	12,6 24,15 (31)	>20 30
Înfășurarea 3	Coefficient saturație Putere	(VA)	39	>10 15,1 (28,2)

## Anexa 3

Lucrarea nr. ....  
Centrala sau stația .....  
Circuitul: celulă de transformare, 110 kV

## Transformatoare de curent

## Încărcarea înfășurărilor

[illegible]

Cl. P	Fig. K	1	10,0				10,0	2,5	10
	Releu diferential Transfor- mator intermediar $5/\sqrt{3}$ A	3	10,0				10,0		
	Contacte (0,1 $\Omega$ )	—	2,5					2,5	
	Conduc- toare (10 mm <sup>2</sup> — 200 m)	—	—						8,6
	Total	—	—				10,0	12,5	8,6
	Releu curent RC 2—6 A	1	2	2					
	Releu curent RC 2—10 A	3	4	4			4		
	Contacte (0,1 $\Omega$ )		2,5	5			2,5		
	Conduc- toare (10 mm <sup>2</sup> — 200 m)								8,6
	Total		1	11			6,5		8,6

**Notă:** Figurile menționate în tabel fac parte din lucrarea „Instalații electrice ale centralelor și stațiilor”, de ing. V. I. Nitu, Editura tehnică, București, 1972.





<b>MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE</b>	<b>Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Conductoare neizolate rigide</b>	<b>PE 111-4/75</b>
		<b>Grupa 1 Electro- energetică</b>
<div>◆ C U P R I N S</div>		
		<u>Pag.</u>
1. Domeniul de aplicare . . . . .		237
2. Prescripțiile tehnice existente . . . . .		237
3. Materialul conductoarelor . . . . .		238
4. Curentul maxim de durată . . . . .		239
5. Stabilitatea termică . . . . .		259
6. Efectul corona . . . . .		260
7. Secțiunea economică . . . . .		262
8. Calculul mecanic . . . . .		262
<b>Anexa 1. Metodă de calcul pentru determinarea coeficienților v și v<sub>1</sub> . . . . .</b>		<b>272</b>
<b>Anexa 2. Calculul mecanic în ipoteza că nu se cunoaște limita de curgere tehnică a materialului conduc- toarelor . . . . .</b>		<b>280</b>
<b>Anexa 3. Calculul momentelor de inerție și al modulelor de rezistență ale pachetelor de conductoare . . . . .</b>		<b>280</b>
<b>Anexa 4. Modulul de elasticitate al materialelor uzuale . . . . .</b>		<b>282</b>
<b>Anexa 5. Limita de curgere tehnică pentru conductoarele fabricate în R. S. România (propunere) . . . . .</b>		<b>282</b>
<b>Anexa 6. Contactele electrice, piesele de dilatare etc. . . . .</b>		<b>282</b>
<b>Anexa 7. Datele necesare pentru proiectare . . . . .</b>		<b>286</b>
<b>Anexa 8. Exemplul de calcul I (Pachete de bare drept- unghiulare într-o stație interioară) . . . . .</b>		<b>288</b>
<b>Anexa 9. Solicitățile electrodinamice în bara colectoare cu amplasarea fazelor în vîrfurile unui triunghi drept- unghic . . . . .</b>		<b>300</b>
<b>Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75</b>	<b>Înlocuiește:</b>	<b>Data intrării în vigoare: 1 decembrie 1975</b>



## **1. DOMENIUL DE APLICARE**

Se aplică la dimensionarea sau la verificarea căilor de curent constituite din conductoare neizolate rigide din posturile de transformare, stațiile de conexiuni și de transformare, inclusiv cele din stațiile aferente centralelor electrice.

## **2. PRESCRIPTIILE TEHNICE EXISTENTE**

### **◆ 2.1. Standarde**

**STAS 7944-67.** Bare conducătoare de curent din instalații interioare. Curenți maximi admisibili de durată.

**STAS 3322-70.** Bare dreptunghiulare din aluminiu.

**STAS 392-76.** Bare dreptunghiulare din cupru.

**STAS 524-74.** Țevi rotunde din aluminiu.

**STAS 523-74.** Țevi rotunde trase din cupru.

**STAS 2339-73.** Bare rotunde din aluminiu.

**STAS 391-72.** Bare rotunde din cupru.

**STAS 4936-71.** Centrale de stații electrice de conexiuni și transformare. Bare și barete colectoare. Marcare.

**STAS 200-75.** Încercările metalelor. Încercarea la tracțiune.

### **◆ 2.2. Prescripții tehnice departamentale**

**PE 101/77.** Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

**PE 102/69.** Normativ pentru proiectarea instalațiilor de conexiuni și distribuție cu tensiuni până la 1 000 V c.a. în unitățile energetice.

**PE 103/70.** Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice, în condițiile curenților de scurtcircuit.

Semnificația termenilor folosiți în prezenta instrucțiune pentru definirea diferitelor grade de obligativitate a prevederilor conținute, de felul : trebuie, este necesar, urmează, de regulă, se recomandă, se admite, au semnificația prezentată în normativul M.E.E. PE 101.

### 3. MATERIALUL CONDUCTOARELOR

**3.1.** Conductoarele neizolate rigide active se realizează de regulă din bare dreptunghiulare, tuburi ori profile din aluminiu sau din aliaje din aluminiu.

**3.2.** În situații excepționale, cu o temeinică justificare, se pot folosi conductoare de cupru. Astfel de situații pot fi :

— realizarea unor căi de curent în instalații cu curenți de scurtcircuit mari, la care obținerea rezistențelor mecanice nu este posibilă utilizând profilele de aluminiu în fabricație ;

— utilizarea din motive constructive a unor căi de curent cu secțiuni mai mici decât a celor din aluminiu, pentru același curent nominal ;

— realizarea unor îmbinări prin contact, capabile să vehiculeze prin aceeași suprafață de contact curenți mai mari decât în cazul aluminiului.

◆ **3.3.** În zonele în care atmosfera prezintă o acțiune corozivă asupra barelor de aluminiu, în apropierea unor industrii chimice, metalurgice, siderurgice, miniere, textile, de construcții, pe malul mării etc., se vor folosi materiale care nu sînt atacate de agenții respectivi.

Această măsură nu este în general necesară dacă între instalația energetică și sursa de contaminare a atmosferei este respectată o distanță de protecție corespunzătoare indicată în normativul PE 109.

3.4. În sălile de acumuloare, în cazul folosirii conductoarelor neizolate, se prevăd, de regulă, bare de cupru rotunde.

#### 4. CURENTUL MAXIM DE DURATĂ

4.1. Temperatura maximă de regim a conductoarelor nu trebuie să depășească de regulă  $+70^{\circ}\text{C}$ .

Temperaturi mai mari de  $+70^{\circ}\text{C}$  pot fi admise în cazuri excepționale, bine justificate, adoptându-se măsuri speciale de protejare a contactelor.

4.2. Temperatura maximă a aerului în exterior se determină pe baza datelor climatice statistice ale regiunii de amplasare. Se ia în considerare temperatura maximă absolută care apare cel puțin o dată la 10 ani pentru instalațiile cu tensiunea nominală pînă la 110 kV, inclusiv, și cel puțin o dată la 15 ani pentru instalații cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV.

Dacă pentru instalații din R. S. România nu se cunosc datele climatice statistice ale regiunii de amplasare, se pot adopta următoarele date-limită :

- altitudini pînă la 700 m :  $+40^{\circ}\text{C}$  ;
- altitudini peste 700 m :  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Temperatura maximă a aerului în interior se determină de la caz la caz.

4.3. Secțiunea conductorului trebuie astfel aleasă, încît să fie îndeplinită condiția :

$$I_{md} \leq I_{da}$$

în care :

$I_{md}$  este curentul maxim de durată al circuitului ;

$I_{da}$  — curentul de durată admisibil al conductorului la temperatura maximă a aerului înconjurător.

Tabelul 1

Curenții maximi admisibili de durată pentru barele dreptunghiulare de aluminiu pozate pe muchie  
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

 Dimensiunile barelor, mm (h X b)		Nr. barelor în paralel	Curenții maximi admisibili de durată, A				Valorile caracteristice pentru o singură bară				
			Curent alternativ		Curent continuu		Masa kg/m	Momentele de inerție		Modulele de rezistență	
			Bare ne-vopsite	Bare vopsite	Bare ne-vopsite	Bare vopsite		$J_x, \text{cm}^4$	$J_y, \text{cm}^4$	$W_x, \text{cm}^3$	$W_y, \text{cm}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15×2	1	115	145	115	150	30	0,081	0,0563	0,00100	0,075	0,0100
*	2	205	245	210	260						
15×3	1	140	170	140	180	45	0,122	0,0844	0,00338	0,113	0,0225
	2	255	305	260	310						
20×2	1	145	190	150	195	40	0,108	0,133	0,00133	0,133	0,0133
*	2	265	320	270	340						
20×3	1	175	225	180	230	60	0,162	0,200	0,00450	0,200	0,0300
	2	325	390	340	400						
20×5	1	235	300	240	310	100	0,270	0,333	0,0208	0,333	0,0833
	2	425	505	445	530						
25×3	1	220	275	225	280	75	0,203	0,391	0,00563	0,313	0,0375
	2	400	470	410	495						

25×5	1	280	355	285	370	125	0,338	0,651	0,0260	0,521	0,104
	2	520	615	530	630						
30×3	1	250	325	270	335	90	0,243	0,675	0,00675	0,450	0,0450
	2	465	550	485	575						
30×5	1	325	415	335	435	150	0,405	1,125	0,0313	0,750	0,125
	2	605	720	630	740						
40×3	1	340	425	345	435	120	0,324	1,60	0,0090	0,800	0,060
	2	605	725	635	760						
40×5	1	425	530	435	555	200	0,540	2,67	0,0417	1,33	0,167
	2	785	920	800	955						
40×10	1	625	770	650	805	400	1,080	5,33	0,333	2,67	0,667
	2	1080	1380	1210	1425						
	3	1635	1900	1720	2010						
	2+2	2180	2590								
50×5	1	515	645	540	680	250	0,675	5,21	0,0521	2,08	0,208
	2	945	1115	985	1175						
	3	1355	1610	1475	1725						
	2+2	1815	2130								

# PE 111/4

242

Conductoare neizolate rigide

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50×10	1	755	940	790	975	500	1,350	10,4	0,417	4,17	0,833
	2	1390	1660	1465	1750						
	3	1935	2250	2095	2460						
	2+2	2610	3060								
60×5	1	605	770	640	805	300	0,810	9,00	0,0625	3,00	0,250
	2	1090	1335	1160	1390						
	3	1570	1840	1720	1955						
	4	2100	2440	2240	2530						
	2+2	2100	2440								
60×10	1	880	1105	930	1150	600	1,62	18,0	0,500	6,00	1,00
	2	1610	1930	1730	2000						
	3	2300	2620	2455	2875						
	4	3025	3495	3145	3620						
	2+2	3025	3495								
80×5	1	820	1010	845	1045	400	1,08	21,3	0,0833	5,33	0,333
	2	1415	1725	1530	1840						
	3	1995	2300	2240	2530						
	4	2700	2990	2905	3220						
	2+2	2700	2990								



80×10	1 2 3 4 2+2	1135 2055 2855 3810	1435 2460 3290 4370	1190 2195 2995 4115	1495 2645 3680 4715	800	2,16	42,7	0,667	10,7	1,33
100×5	1 2 3 4 2+2	990 1740 2420 3145	1240 2160 2815 3565	1035 1875 2685 3510	1290 2300 3105 3910	500	1,35	41,7	0,104	8,33	0,417
100×10	1 2 3 4 2+2	1390 2480 3385 4475	1750 2930 3910 4945	1450 2710 3870 5080	1815 3220 4485 5750	1000	2,70	83,3	0,833	16,7	1,67
120×10	1 2 3 4 2+2	1630 2905 3930 5200	2035 3390 4350 5650	1720 3265 4720 6170	2160 3795 5290 6785	1200	3,24	144	1,00	24,0	2,00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
120×15	1 2 3 4 2+2	1995 3510 4720 5345 5750	2515 4070 5345 6555	2115 3930 5810 7620	2645 4715 6410 8165	1800	4,86	216	3,38	36,0	4,50
*											
160×10	1 2 3 4 2+2	2115 3630 5120 6415	2645 4370 5750 7130	2240 4115 6050 7865	2815 5000 6900 8740	1600	4,32	341	1,33	42,7	2,67
*											
160×15	1 2 3 4 2+2	2540 4355 5870 7560	3160 5115 6610 8510	2780 5200 7500 9800	3450 6095 8395 10695	2400	6,48	512	4,50	64,0	6,00
*											
200×10	1 2 3 4 2+2	2600 4410 6000 7750	3275 5290 6785 8625	2780 5200 7500 9800	3500 6210 8510 10810	2000	5,40	667	1,67	66,7	3,33
*											
200×15	1 2 3 4 2+2	3080 5080 6850 8835	3795 5980 7565 9430	3450 6355 9255 12220	4255 7530 10350 13110	3000	8,10	1000	5,63	100	7,51
*											

\* Secțiuni de bare necuprinse în STAS 3322-70.

Tabelul 2

**Curenții maximi admisibili de durată pentru profile [ de aluminiu \***  
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

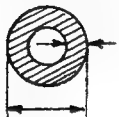
Profilul normal	Curenții maximi admisibili de durată (curent alternativ), A				Secțiunea, mm <sup>2</sup>	Masa, kg/m
	Bare nevopsite		Bare vopsite			
	[	[ ]	[	[ ]		
6	830	1660	1065	2180	448	1,22
8	1380	2420	1765	3075	858	2,32
10	1880	3260	2420	4175	1270	3,47
12	2540	4535	3290	5685	1900	5,17
14	3140	5565	4050	7020	2450	6,66
16	3750	6535	4840	8470	3070	8,34
18	4350	7845	5745	9920	3760	10,2
20	5200	8955	6655	11495	4510	12,2

Profilul normal DIN 46424	Dimensiunile (conf. fig. 2), mm					Valorile caracteristice pentru o singură bară			
						Momentele de inerție, cm <sup>4</sup>		Modulele de rezistență, cm <sup>3</sup>	
	h	b	g	e	i	J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
6	60	30	4	8,96	25	23,5	3,71	7,83	1,76
8	80	37,5	6	11,3	25	77,5	10,7	19,4	4,08
10	100	37,5	8	11	25	167	14,3	33,4	5,38
12	120	45	10	13,3	30	356	30,5	59,3	9,63
14	140	52,5	12	15,3	35	632	54,2	90,3	14,5
16	160	60	12	17,3	40	1040	89,2	130	20,9
18	180	67,5	13	19,2	45	1620	139	180	28,8
20	200	75	14	21,2	50	2410	207	241	38,4

\* Valori calculate după Formel und Tabellenbuch — SIEMENS, 1965.

Tabelul 3

**Curenții maximi admisibili de durată pentru barele tubulare de aluminiu**  
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Dimensiunile barelor, mm 	Curenții maximi admisibili de durată (alternativ și continuu), A		Secțiunea, mm <sup>2</sup>	Masa, kg/m	Momentul de inerție J, cm <sup>4</sup>	Modulul de rezistență W, cm <sup>3</sup>
	Bare nevopsite	Bare vopsite				
16 × 1,5	250	295	68,3	0,184	0,181	0,226
20 × 1,5	290	345	87,2	0,235	0,375	0,375
22 × 2	360	425	125,7	0,339	0,635	0,576
30 × 1,5	425	500	134,3	0,363	1,367	0,911
30 × 2	490	575	175,9	0,475	1,733	1,15
30 × 2,5	545	640	216,0	0,583	2,059	1,37
40 × 2	650	765	238,8	0,645	4,322	2,16
40 × 2,5	720	850	294,5	0,795	5,200	2,60
45 × 2,5	795	935	333,8	0,901	7,562	3,36
50 × 2,5	895	1040	373,1	1,01	10,55	4,22
55 × 2,5	920	1150	412,3	1,11	14,23	5,18
60 × 3	1070	1340	537	1,45	21,88	7,29
70 × 3	1235	1545	631	1,70	35,50	10,14
80 × 3	1415	1770	726	1,96	53,87	13,47
80 × 4	1655	2035	955	2,58	69,15	17,29
85 × 5	1920	2400	1257	3,40	100,92	23,74
95 × 2,5	1540	1925	726	1,96	77,76	16,37
100 × 5	2270	2840	1492	4,03	168,8	33,76

În cazurile în care curentul maxim de durată al circuitului nu coincide în timp cu temperatura maximă a aerului înconjurător, se poate ține seama de acest fapt, alegînd o secțiune mai mică decît ar rezulta pe baza condiției de mai sus.

**4.4.** Curenții de durată admisibili ai conductoarelor uzuale, dispuse orizontal, la temperatura ambiantă de +25°C și la temperatura conductorului de +70°C, pentru instalații situate în interior, sînt indicați în tabelele 1—7, conform STAS

7944-67. Ei sînt valabili pentru o rezistivitate a materialului barelor de maximum  $0,02898 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ , pentru aluminiu și de  $0,01786 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  pentru cupru.

În legătură cu valorile cuprinse în tabele, se dau în plus următoarele indicații suplimentare :

a) Sînt indicați în tabele curenții de durată admisibili atît pentru bare vopsite, cît și pentru bare nevopsite.

De regulă, barele din instalațiile interioare se vopsesc.

Pentru marcarea barelor se vor folosi culorile și simbolurile conform STAS 4936-71.

În cazul pachetelor de bare dreptunghiulare vopsite, se face vopsirea numai pe perimetrul exterior, ceea ce ușurează condițiile de execuție și de montare.

b) În pachetele de bare dreptunghiulare compuse din două și trei bare, distanța liberă dintre bare va fi egală cu grosimea barelor.

Pachetele compuse din patru bare pot fi realizate în două moduri (fig. 1) :

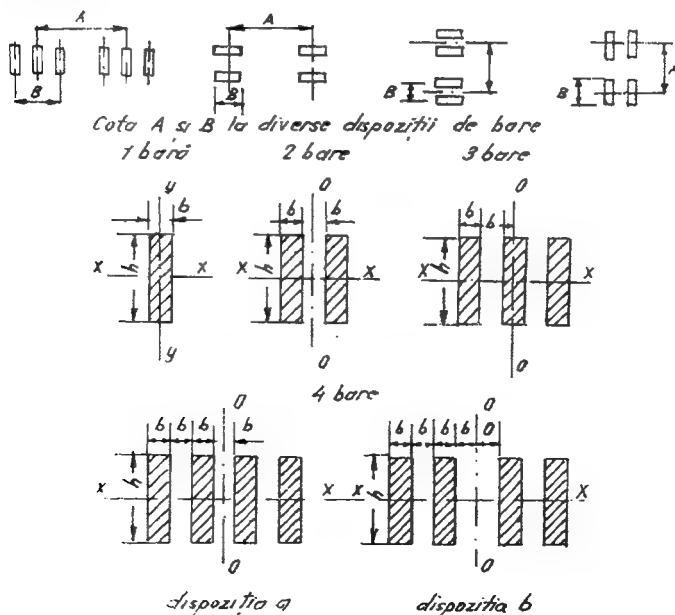
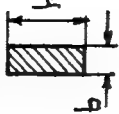


Fig. 1. Definirea notațiilor la barele dreptunghiulare.

Tabelul 4

**Curenți maximi admisibili de durată pentru barele dreptunghiulare de cupru pozate pe muchie**  
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Dimensiunile barelor, mm (h × b)		Nr. barelor în paralel	Curenții maximi admisibili de durată, A						Valorile caracteristice pentru o singură bară				
			Curent alternativ		Curent continuu		Secțiunea, mm <sup>2</sup>	Masa, kg/m	Modulele de rezistență		Momentele de inerție		
			Bare ne- vopsite	Bare vopsite	Bare ne- vopsite	Bare vopsite			J <sub>x</sub> , cm <sup>4</sup>	J <sub>y</sub> , cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , cm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> , cm <sup>3</sup>	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
20×3		1	265	290	270	295	60	0,53	0,200	0,00450	0,200	0,0300	
		2	460	500	470	515							
20×5		1	355	385	365	390	100	0,89	0,333	0,0208	0,333	0,0833	
		2	605	660	615	670							
25×3		1	325	355	335	360	75	0,67	0,391	0,00563	0,313	0,0375	
		2	555	615	570	625							
25×5		1	425	465	430	470	125	1,11	0,651	0,0260	0,521	0,104	
		2	725	790	740	800							
30×5		1	485	530	495	540	150	1,34	1,125	0,0313	0,750	0,125	
		2	845	920	870	945							
40×3		1	510	545	520	555	120	1,07	1,60	0,0090	0,800	0,0600	
		2	860	930	895	965							

40×5	1	630	710	640	715	200	1,78	2,67	0,0417	1,33	0,167
	2	1090	1180	1125	1215						
40×10	1	920	1000	930	1025	400	3,56	5,33	0,333	2,67	0,667
	2	1635	1770	1695	1830						
	3	2240	2430	2420	2570						
	2+2	3025	3305								
50×5	1	760	850	785	870	250	2,23	5,21	0,0521	2,08	0,208
	2	1330	1410	1390	1500						
	3	1995	2065	2115	2205						
	2+2	2540	2715								
50×10	1	1115	1215	1160	1260	500	4,45	10,4	0,417	4,17	0,833
	2	1935	2125	2060	2240						
	3	2720	2890	3020	3185						
	2+2	3630	3930								
60×5	1	920	1000	945	1025	300	2,67	9,00	0,0625	3,00	0,250
	2	1510	1685	1570	1770						
	3	2130	2300	2300	2475						
	4			3020	3245						
	2+2	2905	3125								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60×10	1	1285	1415	1330	1475	600	5,34	18,0	0,500	6,00	1,00
	2	2300	2475	2420	2595						
	3	3145	3305	3380	3540						
	4			4420	4485						
	2+2	4235	4365								
80×5	1	1170	1260	1210	1300	400	3,56	21,3	0,0833	5,33	0,333
	2	2055	2240	2180	2360						
	3	2780	2950	3025	3185						
	4			3870	4010						
	2+2	3630	3775								
80×10	1	1670	1840	1755	1970	800	7,12	42,7	0,667	10,7	1,33
	2	2780	2950	3145	3305						
	3	3750	3895	4475	4600						
	4			5810	5900						
	2+2	5080	5310								
100×5	1	1450	1590	1510	1650	500	4,45	41,7	0,104	8,33	0,417
	2	2480	2715	2720	2950						
	3	3445	3540	3810	4010						
	4			4900	5075						
	2+2	4235	4485								



100×10	1 2 3 4 2+2	2050 3385 4415 6050	2215 3655 4720 6370	2175 3870 5445 7015	2360 4245 5780 7315	1000	8,90	83,3	0,833	16,7	1,67
120×10	1 2 3 4 2+2	2420 3750 4960 6900	2595 4130 5310 7200	2600 4475 6290 8105	2670 4955 6725 8495	1200	10,7	144	1,0	24,0	2,00
160×10*	1 2 3 4 2+2	3020 4720 6400 8825	3300 5180 6830 9200	2800 4800 6900 9000	3390 5800 8350 7250	1600	14,2	341	1,33	42,7	2,67
200×10*	1 2 3 4 2+2	3630 5750 7670 10650	3950 6250 8140 11100	3400 6000 8500 11000	4100 7250 10300 13300	2000	17,8	667	1,67	66,7	3,33

\* Secțiunile de bare necuprinse în STAS 392-71 și STAS 2873-68.

Tabelul 5

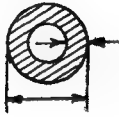
**Curenții maximi admisibili de durată pentru profile I de cupru**  
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Profilul normal	Curenții maximi admisibili de durată (curent alternativ), A				Secțiunea, mm <sup>2</sup>	Masa, kg/m
	Bare nevopsite		Bare vopsite			
	I	I	I	I		
6	1200	2400	1330	2660	448	3,99
8	1760	3510	2180	3870	858	7,65
10	2790	4720	3025	5200	1270	11,3
12	3750	6410	4115	7140	1900	16,9
14	4600	6860	5080	8830	2450	21,8
16	5450	9560	6050	10650	3070	27,3
18	6520	11120	7260	12460	3760	33,5
20	7500	12950	8350	14400	4510	40,1

Profilul normal	Dimensiunile (conf. fig. 2), mm					Valorile caracteristice pentru o singură bară			
						Momentele de inerție x — — — x		Modulele de rezistență y — — — y	
	h	b	a	e	i	J <sub>x</sub> , cm <sup>4</sup>	J <sub>y</sub> , cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , cm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> , cm <sup>3</sup>
6	60	30	4	8,96	25	23,5	3,71	7,83	1,76
8	80	37,5	6	11,3	25	77,5	10,7	19,4	4,08
10	100	37,5	8	11	25	167	14,3	33,4	5,38
12	120	45	10	13,3	30	356	30,5	59,3	9,63
14	140	52,5	12	15,3	35	632	54,2	90,3	14,5
16	160	60	12	17,3	40	1040	89,2	130	20,9
18	180	67,5	13	19,2	45	1620	139	180	28,8
20	200	75	14	21,2	50	2410	207	241	38,4


Tabelul 6

**Curenții maximi admisibili de durată pentru barele tubulare de cupru**  
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Dimensiunile barelor, mm 	Curenții maximi admi- sibili de durată (alter- nativ și continuu), A		Secțiunea, mm <sup>2</sup>	Masa, kg/m	Momentul de inerție J, cm <sup>4</sup>	Modulul de rezistență W, cm <sup>3</sup>
	Bare nevopsite	Bare vopsite				
15×1,5	265	315	63,6	0,57	0,147	0,196
18×2	340	425	100,5	0,90	0,327	0,364
20×2	370	465	113,1	1,01	0,464	0,464
22×2	405	510	125,7	1,12	0,635	0,576
24×2	440	550	138,2	1,23	0,843	0,703
26×2	480	600	150,8	1,34	1,093	0,841
30×2,5	610	765	216,0	1,93	2,059	1,37
32×2	592	735	188,5	1,68	2,130	1,33
32×3	715	895	273,3	2,43	2,904	1,81
32×4	810	1015	351,9	3,13	3,519	2,20
34×2,4	680	850	247,4	2,20	3,088	1,82
40×2	720	905	238,8	2,13	4,322	2,16
40×2,5	805	1010	294,5	2,62	5,200	2,60
40×3	880	1100	348,7	3,10	6,007	3,00
40×4	995	1245	452,4	4,02	7,419	3,71
45×2,5	880	1100	333,8	2,98	7,562	3,36
50×2,5	975	1220	373,1	3,32	10,55	4,22
50×3	1090	1365	443,0	3,94	12,28	4,91
55×3	1165	1455	490,1	4,36	16,62	6,04
70×4	1690	2110	829,4	7,38	45,33	12,95
80×4	1920	2400	955,1	8,49	69,15	17,29
80×5				10,48		

Tabelul 7

**Curenții maximi admisibili de durată pentru barele rotunde de cupru**  
(temperatura aerului +25°C, temperatura barelor +70°C)

Diametrul barelor, mm * 	Curenții maximi admi- sibili de durată (alter- nativ și continuu), A		Secțiunea, mm <sup>2</sup>	Masa, kg/m	Momentul de inerție J, cm <sup>4</sup>	Modulul de rezistență W, cm <sup>3</sup>
	Bare nevopsite	Bare vopsite				
6	130	140	28,27	0,252	0,0064	0,0212
7	170	180	38,48	0,343	0,0118	0,0337
8	200	215	50,28	0,447	0,0201	0,0503
10	255	300	78,54	0,699	0,0491	0,0982
12	325	385	113,1	1,007	0,102	0,170
14	395	465	153,9	1,370	0,189	0,269
15	440	520	176,7	1,573	0,249	0,331
16	480	565	201,1	1,789	0,322	0,402
18	565	665	254,2	2,265	0,515	0,573
20	655	770	314,2	2,796	0,785	0,785

\* Conform STAS 391-72.

Tabelul 8

**Coefficienții de corecție pentru diverse temperaturi  
ale aerului înconjurător și ale conductorului, (k<sub>1</sub>)**

Temperatura aerului înconjurător, °C	Temperatura conductorului, °C					
	55	60	65	70	75	80
0	1,140	1,181	1,218	1,255	1,280	1,305
10	1,033	1,078	1,115	1,156	1,198	1,231
20	0,908	0,966	1,012	1,053	1,094	1,136
25	0,843	0,903	0,954	1	1,050	1,092
30	0,776	0,834	0,892	0,950	0,991	1,041
35	0,686	0,764	0,826	0,884	0,933	0,975
40	0,596	0,677	0,760	0,818	0,876	0,919
45	0,496	0,595	0,677	0,743	0,809	0,867
50	0,339	0,496	0,595	0,661	0,743	0,802
55	—	0,347	0,476	0,587	0,669	0,735

Tabelul 9

Coeficienții de corecție pentru diverse viteze ale aerului înconjurător, ( $k_2$ )

Viteza aerului înconjurător, m/s	1	2	3	4	5
Coeficientul de corecție	1,43	1,62	1,77	1,91	2,02
Viteza aerului înconjurător, m/s	6	7	8	9	10
Coeficientul de corecție	2,13	2,24	2,33	2,42	2,50

Tabelul 10

Coeficienții de corecție pentru barele și pachetele de bare dreptunghiulare așezate pe lat, ( $k_3$ )

Nr. barelor	Lățimea barelor, mm	Grosimea barelor, mm	Coeficientul de corecție	
			Bare nevopsite	Bare vopsite
1	50...200	5...10	0,85	0,90
2	50...200	5...10	0,80	0,85
3	50... 80	5...10	0,80	0,85
	100...120	5...10	0,75	0,80
4	160	5...10	0,70	0,75
	200	5...10	0,65	0,70

— cu toate barele la distanțe libere egale între ele și egale cu grosimea barelor ;

— cu distanța liberă dintre barele din mijloc egală cu 50 mm, celelalte distanțe libere fiind egale cu grosimea barelor.

Prima soluție se folosește mai mult pentru curent continuu. A doua soluție este mai avantajoasă în curent alternativ.

La pachetele compuse din două profiluri U, dispoziția uzuală este arătată în figura 2.

c) Curenții de durată admisibili indicați în tabele sînt valabili în ipoteza că disiparea căldurii prin convecție și radiera ei este stînjinită de anumite condiții particulare, ca, de exemplu, montarea conductoarelor într-un mic spațiu închis.

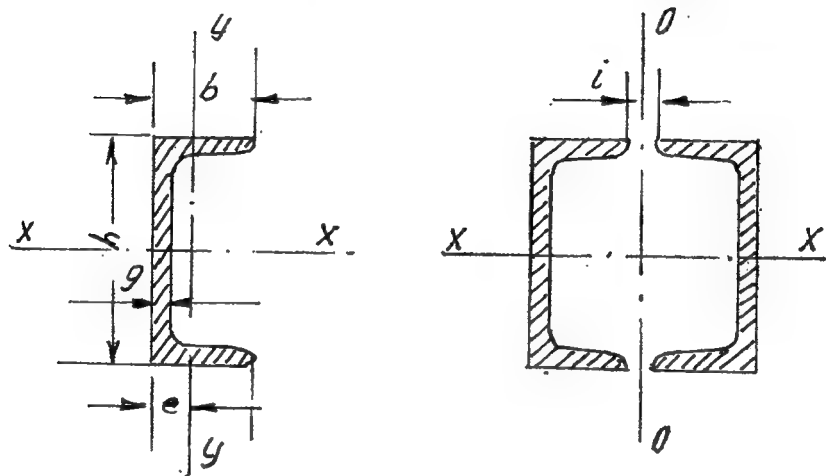


Fig. 2. Definirea notațiilor la profilurile U.

De asemenea, distanța între faze trebuie să fie suficient de mare, astfel încît conductoarele să nu se încălzească reciproc în mod apreciabil. Această condiție poate fi considerată îndeplinită dacă este satisfăcută relația :

$$\frac{A}{B} > 2,$$

în care :

- A este distanța dintre axele barelor sau ale pachetelor de bare ;
- B — dimensiunea barelor sau a pachetelor de bare pe aceeași direcție cu A (v. fig. 1).

d) În cazul unei temperaturi a aerului înconjurător diferită de  $+25^{\circ}\text{C}$  și a unei temperaturi a conductorului diferită de  $+70^{\circ}\text{C}$ , curenții admisibili indicați în tabelele 1—7 trebuie multiplicați cu coeficienții de corecție din tabelul 8 ( $K_1$ ).

e) Când conductoarele se găsesc într-un curent de aer produs, de exemplu, de o instalație de ventilație și avînd o direcție perpendiculară pe cea a conductoarelor, curenții admisibili indicați în tabelele 1—7 trebuie multiplicați cu coeficienții de corecție din tabelul 9 ( $K_2$ ).

f) Valorile indicate în tabelele 1 și 4 pentru bare și pachete de bare dreptunghiulare sînt valabile în ipoteza că barele sînt așezate pe muchie. În cazul în care ele sînt așezate pe lat, valorile din tabele trebuie multiplicate cu coeficienții de corecție din tabelul 10 ( $K_3$ ).

g) Pentru trasee sau porțiuni de trasee verticale, se procedează astfel :

— dacă lungimea traseului vertical nu depășește 3 m, rămîn valabili curenții admisibili indicați în tabelele 1—7 ;

— dacă această lungime depășește 3 m, valorile indicate în tabelele 1—7 trebuie multiplicate cu coeficientul de corecție 0,85 ( $K_4$ ).

În cazul traseelor verticale nu se aplică coeficienții de corecție de la pct. f.

h) Curenții admisibili indicați în tabelele 1—7 sînt valabili pentru altitudini pînă la 1 000 m. În cazul unor altitudini mai mari, valorile din tabele trebuie multiplicate cu coeficientul de corecție :

$$K_5 = \frac{10\,000}{9\,000 + H},$$

altitudinea  $H$  fiind dată în m.

Intensitățile admisibile pentru conductoare funcționînd în alte condiții decît cele prevăzute la 4.4. se calculează cu relația  $I_a = I \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$ .

i) La regimuri intermitente de lucru de scurtă durată (cu durată de funcționare pînă la 4 min și cu durată totală a ciclului de cel mult 10 min sau cu durată de funcționare pînă la 4 min și cu pauze care să permită răcirea conductoarelor pînă la temperatura mediului ambiant), curenții de durată admisibili indicați în tabelele 1—7 pot fi multiplicați cu coeficientul de corecție :

$$\frac{0,875}{\sqrt{D_c}},$$

în care :

$D_c$  este durata relativă de conectare (raportul dintre timpul de funcționare și timpul total de funcționare + repaus).

j) Curentul de durată admisibilă  $I_2$  pentru o formă sau o secțiune de conductor diferită de cele indicate în tabelele 1—7 poate fi determinat cu aproximație, prin comparație cu valoarea corespunzătoare  $I_1$  a unui conductor indicat în tabele, folosind relația :

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{s_2 p_2}{s_1 p_1}},$$

în care :

$s_1$  și  $s_2$  sînt secțiunile conductoarelor comparate ;

$p_1$  și  $p_2$  — perimetrele secțiunilor de mai sus.

În cazul pachetelor de conductoare, se ia în considerare perimetrul întregului pachet.

Relația de mai sus duce la rezultate cu atît mai exacte, cu cît formele și secțiunile conductoarelor comparate diferă mai puțin între ele.

k) În tabelele 1—7 sînt indicați curenții de durată admisibili pentru instalații de interior.

În cazul montării conductoarelor în exterior, este necesar să se țină seama de faptul că există, de obicei, o circulație de aer care ușurează răcirea, precum și de faptul că radiația solară provoacă o încălzire suplimentară.

Pentru alte temperaturi decît cea la care se dau valorile curenților în tabelele 1—7, se aplică corecțiile din tabelul 8.

Dacă barele nu sînt vopsite, se poate presupune că încălzirea provocată de radiația solară este practic compensată de activarea răcirii datorate circulației aerului, admițîndu-se deci aceiași curenți de durată ca în cazul instalațiilor de interior.

l) Coeficienții de corecție menționați trebuie aplicați simultan, prin multiplicare succesivă, dacă este cazul.



## 5. STABILITATEA TERMICĂ

**5.1.** Pentru calculul stabilității termice, sînt determinanți curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum și punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

**5.2.** Curentul echivalent  $I_m$  al scurtcircuitului se determină conform „Instrucțiunilor pentru verificare la stabilitate termică și electrodinamică a instalațiilor electrice din centrale și stații“, PE 103.

**5.3.** În cazul pachetelor de conductoare compuse din două sau mai multe bare sau profiluri conectate în paralel, se presupune o repartitie egală a curentului de scurtcircuit între conductoarele fasciculului.

**5.4.** Temperatura maximă admisibilă  $\theta_{sc}$  a conductorului la sfîrșitul scurtcircuitului este următoarea :

— pentru aluminiu :  $180^{\circ}\text{C}$  ;

— pentru cupru :  $200^{\circ}\text{C}$ .

**5.5.** Temperatura inițială  $\theta_c$  a conductorului (la începutul scurtcircuitului) se poate considera, în general, de  $+70^{\circ}\text{C}$ .

O determinare mai exactă se poate face cu relația :

$$\theta_c = \theta + (70 - \theta) \frac{I^2}{I_d^2}, [^{\circ}\text{C}]$$

în care :

$\theta$  este temperatura aerului,  $^{\circ}\text{C}$  ;

$I$  — curentul de durată real, înaintea scurtcircuitului, A;

$I_d$  — curentul de durată admisibil la temperatura  $\theta$  a mediului înconjurător ( $^{\circ}\text{C}$ ) la care se determină, A.

◆ **5.6.** Densitatea de curent  $j_t$  admisibilă la scurtcircuit se determină în funcție de materialul conductorului, de temperatura sa inițială  $\theta_c$  și de temperatura maximă admisibilă  $\theta_{sc}$  la sfîrșitul scurtcircuitului conform instrucțiunii PE 103.

◆ 5.7. Conductorul este stabil termic, dacă este îndeplinită condiția :

$$s \geq \frac{I_m}{j_t}; I_m = I_k' \sqrt{(m+n) t/1},$$

în care :

- s este secțiunea conductorului, mm<sup>2</sup> ;
- I<sub>m</sub> — curentul mediu echivalent al scurtcircuitului ;
- j<sub>t</sub> — densitatea de curent admisibilă la scurtcircuit, A/mm<sup>2</sup> ;
- I<sub>k</sub>' — valoarea efectivă inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit ;
- t — durata defectului, s ;
- m — coeficientul componentei continue ;
- n — coeficientul componentei alternative ; coeficienții m și n se determină conform instrucțiunii PE 103.

5.8. Nu se dimensionează la stabilitate termică în caz de scurtcircuit conductoarele de racord la transformatoare de tensiune și la descărcătoare.

Pentru conductoarele de racord la descărcătoare se vor respecta indicațiile cuprinse în instrucțiunile de proiectare corespunzătoare.

## 6. EFECTUL CORONA

6.1. Acest criteriu se ia în considerare în instalațiile cu tensiuni nominale de 60 kV sau mai mari. În aceste cazuri, dacă se folosesc conductoare rigide, se recomandă bare tubulare sau rotunde (pline).

6.2. Conductoarele tubulare sau rotunde trebuie astfel dimensionate, încît valoarea cîmpului electric la suprafața lor, cînd tensiunea de funcționare a rețelei are valoarea maximă de durată U<sub>m</sub>, să îndeplinească condiția :

$$E_m \leq E_{cor},$$

în care :

$E_{cor}$  este cîmpul critic al efectului corona, kV/cm, valoare eficace ;

$$E_{cor} = 19,3 \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{r}} \right) \cdot m ;$$

$E_m$  — cîmpul electric maxim la suprafața conductorului, kV/cm, valoare eficace ;

$r$  — raza conductorului, cm ;

$m$  — coeficient referitor la suprafața conductorului ;  
 $m \cong 0,95$ .

Valoarea  $E_{cor}$  indicată mai sus este valabilă pînă la altitudinea de 1 000 m

**6.3.** Valoarea cîmpului electric maxim  $E_m$  la suprafața conductoarelor tubulare sau rotunde poate fi determinată exact prin metoda lui Maxwell, ținînd seama de imaginile electrice ale conductoarelor în raport cu suprafața solului.

Pentru sistemele trifazate se poate folosi, de asemenea, relația aproximativă de mai jos, în care se neglijează influența pămîntului și a celorlalte conductoare din apropiere (în afară de conductoarele celor trei faze) :

$$E_m = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3 \cdot r \log_{10} \frac{a}{r}}, \text{ [kV/cm, valoare eficace]}$$

în care :

$U_m$  este tensiunea maximă de funcționare a rețelei, între faze, kV ;

$r$  — raza conductorului, cm ;

$a$  — media geometrică a distanțelor dintre axele conductoarelor, cm ;  $a = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}$  ;

$a_{12}$  — distanța dintre axele conductoarelor 1 și 2 etc., cm.

Influența pămîntului nu se poate neglija în cazurile în care calculele, neținînd seama de această influență, duc la valori de cîmp foarte apropiate de  $E_{cor}$ .

## 7. SECȚIUNEA ECONOMICĂ

7.1. În cazul conductoarelor relativ lungi, care transportă curenți foarte mari (5 000—10 000 A sau mai mult), se recomandă alegerea unei secțiuni economice, care în orice caz nu va fi mai mică decât cea determinată pe baza criteriilor precedente.

7.2. Cea mai simplă metodă constă în reducerea curentului de durată admisibil al conductorului la 75—85%, în vederea reducerii pierderilor.

7.3. O metodă mai exactă constă în adoptarea unei soluții al cărei cost total (investiții și amortismente, pierderi etc.) să reprezinte o valoare optimă.

## 8. CALCULUL MECANIC

8.1. Fixarea conductoarelor pe izolatoare, la barele aparatelor sau în alte puncte de sprijin se poate face în două moduri :

a) Tangenta la linia elastică în punctele de sprijin nu-și modifică direcția când apare o sarcină uniform distribuită, transversală, asupra conductorului. Astfel de cazuri apar, de exemplu :

- la conductoarele încastrate total la ambele capete ;
- la conductoarele sprijinite în mai multe puncte la distanțe egale, capetele fiind încastrate total (fig. 3 a).

b) Tangenta la linia elastică în punctele de sprijin își modifică direcția când apare o sarcină uniform distribuită transversală asupra conductorului. Astfel de cazuri apar, de exemplu :

- la conductoarele încastrate elastic sau simplu rezemate la capete ;

— la conductoarele sprijinite în mai multe puncte la distanțe inegale (fig. 3 b);

— la deschiderile care cuprind o piesă de înădărire elastică.

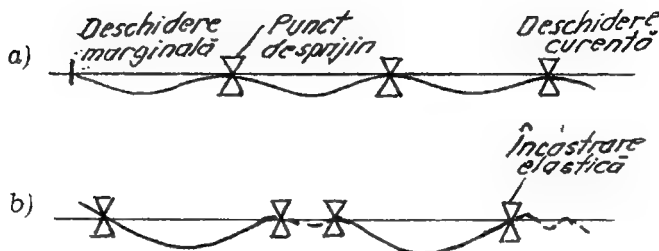


Fig. 3. Diverse moduri de sprijinire a conductoarelor :

a — Încăstrare totală ; b — Încăstrare elastică.

8.2. În cazul pachetelor formate din bare dreptunghiulare sau din profiluri legate în paralel, între barele sau profilurile care formează un pachet se prevăd piese intermediare (fig. 4), care pot fi de două tipuri :

a) piese de distanță, al căror scop este de a menține distanța între elementele pachetului, permițând însă deplasarea longitudinală a acestora unul față de celălalt ;

b) piese de rigidizare, care au același scop, dar nu permit deplasarea longitudinală relativă a elementelor pachetului.

În cadrul pieselor de rigidizare trebuie considerate : înădădirile cu eclise, derivațiile de la bare dreptunghiulare etc.

8.3. Pentru verificarea la eforturile electrodinamice a conductoarelor din circuitele trifazate, este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

Stabilirea valorii curentului de scurtcircuit care trebuie luat în considerare în calcul se face conform „Instrucțiunilor pentru verificare la stabilitate termică și electrodinamică a instalațiilor electrice din centrale și stații“, PE 103.

8.4. Condițiile de valabilitate ale metodei de calcul expuse în prezentele instrucțiuni sînt următoarele :

a) conductoarele sînt dispuse paralel, iar lungimea lor este mare în raport cu distanța dintre ele ;

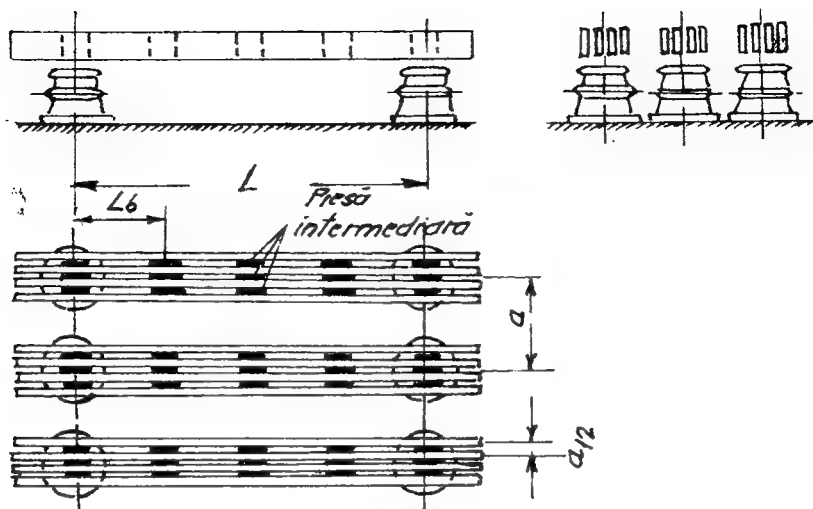


Fig. 4. Exemplu de dispoziție a unor pachete de bare dreptunghiulare.

b) în cazul circuitelor trifazate, conductoarele fazelor sînt dispuse într-un singur plan și la distanțe egale ;

c) direcția forțelor electrodinamice coincide cu una dintre axele principale ale secțiunii (fig. 5) ;

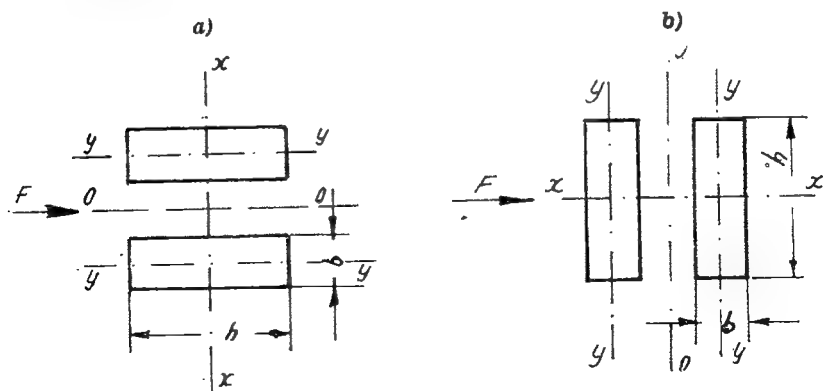


Fig. 5. Direcția forțelor electrodinamice față de axele principale ale secțiunilor.

d) fixarea conductoarelor pe izolatoare, la bornele aparatelor sau în alte puncte de sprijin se face conform pct. 8.1. a ;

e) în general, cazurile în care conductoarele sînt fixate conform pct. 8.1.b., nu trebuie luate în considerare întrucît deschiderile marginale nu sînt încărcate pe toată lungimea, iar piesele de înnădare elastice se plasează, de obicei, între două puncte de sprijin mai apropiate ;

f) efectul forțelor electrodinamice în zona buclor sau a colțurilor formate pe traseul conductoarelor, precum și în dreptul pieselor metalice mai mari situate în apropierea conductoarelor trebuie luat în considerare numai în cazuri speciale. Metodele de calcul corespunzătoare se găsesc în literatura de specialitate [1], [2] ;

g) metoda de calcul expusă nu se referă la conductoarele cu ecran metalic ;

h) se cunosc valorile minimă  $\sigma_{0,2}$  și maximă  $\sigma'_{0,2}$  între care se află limita de curgere tehnică a materialului conductoarelor (definită în STAS 200-67). Pînă la stabilirea valorilor  $\sigma_{0,2}$  și  $\sigma'_{0,2}$  se va aplica metoda  $\sigma_a$  (anexa 2).

**8.5. Forța electrodinamică maximă uniform distribuită care soliciță conductorul pe lungimea unei deschideri în timpul unui scurtcircuit are valoarea :**

a) Asupra conductorului unei faze (în cazul unui conductor unic) sau asupra pachetului de conductoare ale unei faze (datorită interacțiunilor dintre faze) :

$$F = 2 \frac{L}{a} i_s^2 \cdot 10^{-2},$$

în care :

F este forța totală maximă care se exercită asupra întregii deschideri, daN ;

L — lungimea deschiderii dintre două puncte de sprijin vecine, cm ;

a — distanța dintre axele fazelor, cm ;

$i_s$  — curentul de scurtcircuit de șoc (amplitudine), kA ;  
în cazul circuitelor trifazate se ia în considerare scurtcircuitul trifazat.

b) **Asupra unui singur conductor**, în cazul pachetelor de conductoare identice, legate în paralel (datorită interacțiunilor dintre conductoarele pachetului) :

$$F_b = 2 \frac{L_b}{a_f} \left( \frac{j_s}{n} \right)^2 \cdot 10^{-2},$$

în care :

$F_b$  este forța totală maximă care se exercită asupra unei deschideri cuprinse între două piese intermediare vecine, daN ;

$L_b$  — distanța dintre două piese intermediare vecine, cm ; se ia în considerare în calcul distanța dintre piesa intermediară situată în punctul de sprijin și piesa intermediară vecină (fig. 4) ; distanța dintre alte două piese intermediare vecine poate fi de maximum 1,6  $L_b$  ;

$a_f$  — distanța fictivă dintre conductoarele pachetului, determinată conform indicațiilor de la pct. 8.6, cm ;

$i_s$  — curentul de scurtcircuit de șoc (amplitudine), kA ; în cazul circuitelor trifazate, se ia în considerare scurtcircuitul trifazat ;

$n$  — numărul de conductoare ale pachetului.

**8.6. Eforturile electrodinamice** dintre conductoarele situate la distanțe relativ mici în raport cu secțiunea lor, sînt influențate de dispoziția lor geometrică și de dimensiunile secțiunii. De aceea la calcularea forței produse de interacțiunile dintre conductoarele montate în pachete, se ia în considerare distanța fictivă  $a_f$  menționată.

Pentru unele secțiuni uzuale, distanța fictivă este indicată în tabelul 11.

Pentru pachetele de bare dreptunghiulare, distanța fictivă poate fi calculată cu relația generală :

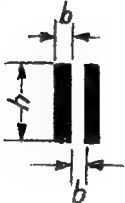

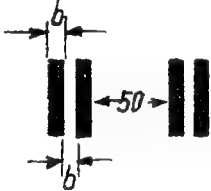
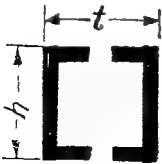
$$\frac{1}{a_f} = \frac{k_{12}}{a_{13}} + \frac{k_{13}}{a_{13}} + \dots + \frac{k_{1n}}{a_{1n}},$$

în care coeficienții de corecție  $k_{12}, k_{13} \dots k_{1n}$  rezultă din figura 6.



Tabelul 11

Distanța fictivă  $a$  pentru diverse secțiuni uzuale

Dispoziția barelor	Grosimea $b$ , cm	Înălțimea $h$ , cm							
		4	5	6	8	10	12	16	20
	0,5	2,0	2,4	2,7	3,3	4,0	—	—	—
	1	2,8	3,1	3,4	4,1	4,7	5,4	6,7	8,0
	0,5	—	1,3	1,5	1,8	2,2	—	—	—
	1	1,7	1,9	2,0	2,3	2,7	3,0	3,7	4,3
	0,5	—	1,4	1,5	1,8	2,0	—	—	—
	1	1,74	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,2	—
	$h$ (cm)	6	8	10	12	14	16	18	20
	$t$ (cm)	8,5	10	10	12	14	16	18	20
	$a_f$	7,9	9,4	10	12	14	16	18	20

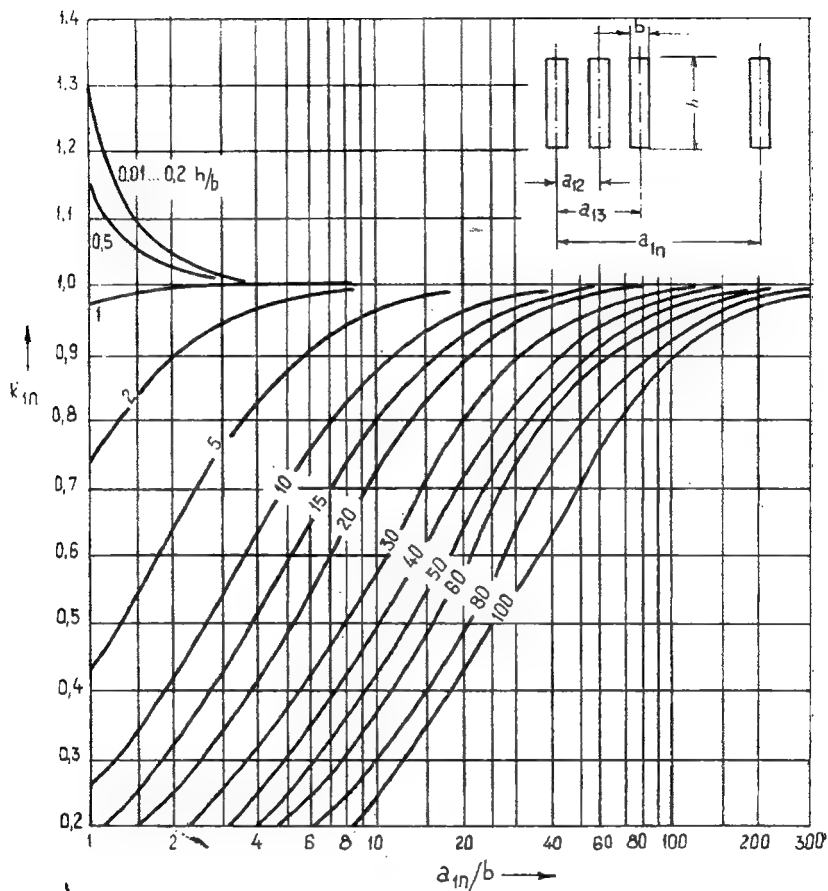


Fig. 6. Coeficienții de corecție pentru distanța fictivă.

8.7. Rezistența în conductor la scurtcircuit se determină astfel :

a) Rezistența  $\sigma$ , datorată eforturilor electrodinamice dintre faze, se obține cu formula :

$$\sigma = v \frac{F L}{12 W} = v \frac{1,7 \cdot 10^{-3} i_s^2 L^2}{a W}, [\text{daN/cm}^2]$$

în care :

W este modulul de rezistență al conductorului (în cazul unui singur conductor pe fază) sau al pachetului de conductoare în raport cu axa principală perpendiculară pe direcția forțelor,  $\text{cm}^3$ ;

$\nu$  — coeficient de corecție care ține seama de oscilațiile conductorului.

b) Rezistența  $\sigma_b$ , datorată eforturilor electrodinamice dintre conductoarele aceluiași pachet, se obține cu formula :

$$\sigma_b = \nu \frac{L_b F_b}{12 W_b} = \nu \frac{1,7 \cdot 10^{-3} i_s^2 L_b^2}{a_f n^2 W_b}, [\text{daN/cm}^2]$$

în care :

$W_b$  este modulul de rezistență al conductorului în raport cu axa principală perpendiculară pe direcția forțelor,  $\text{cm}^3$ .

8.8. Asupra modulului de rezistență W al unui pachet de conductoare se fac următoarele precizări (a se vedea și anexa 3):

a) În cazul solicitării conform figurii 5 a, momentul de inerție și modulul de rezistență al pachetului față de axa x—x sînt respectiv egale cu suma momentelor de inerție sau a modulelor de rezistență ale elementelor componente față de aceeași axă.

b) În cazul solicitării conform figurii 5 b :

— dacă nu există piese de rigidizare sau există o singură piesă de rigidizare în interiorul deschiderii, momentul de inerție și modulul de rezistență al pachetului față de axa 0—0 sînt respectiv egale cu suma momentelor de inerție sau a modulelor de rezistență ale elementelor componente față de axele y—y :

— dacă în interiorul deschiderii există două sau mai multe piese de rigidizare (care împiedică deplasarea longitudinală relativă a elementelor pachetului), se pot lua în considerare valori mai mari. În cazul pachetelor de bare dreptunghiulare se poate admite o valoare de 60%, iar în cazul pachetelor compuse din profiluri se poate admite o valoare de 50% din

momentul de inerție compus al secțiunii totale, respectiv din modulul de rezistență compus al secțiunii totale față de axa 0—0.

**8.9.** Coeficientul de corecție  $v$ , care ține seama de oscilațiile conductorului, are următoarele valori :

— în instalații de curent continuu :  $v = 2$

— în instalații de curent alternativ :  $v = 1$

Aceste valori reprezintă o limită superioară, care poate fi adoptată în mod curent pentru simplificarea calculelor.

În anumite cazuri însă sînt posibile valori mai mici, care se determină conform metodei de calcul din anexa 1. Această metodă trebuie să fie utilizată numai în cazuri excepționale, atunci cînd secțiunile rezultate din calcul pe baza valorilor-limită ale coeficientului  $v$  indicate mai sus sînt prea mari.

**8.10.** Conductorul este rezistent din punct de vedere mecanic, dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază :

$$\sigma \leq 2 \sigma_{0,2}$$

— în cazul pachetelor de conductoare :

$$\sigma + \sigma_b \leq 2 \sigma_{0,2}$$

$$\sigma_b \leq \sigma_{0,2}$$

$\sigma_{0,2}$  fiind valoarea minimă a limitei de curgere tehnice (conform STAS 200—67 ; a se vedea și anexa 5).

La atingerea acestor solicitări, se poate produce o mică deformare permanentă a conductorului, care totuși nu influențează siguranța în funcționare.

**8.11.** Forța maximă  $F_1$ , care se exercită asupra punctelor de sprijin situate între două deschideri, se determină cu relația :

$$F_1 = v_1 F, [\text{daN}]$$

în care :

$v_1$  este un coeficient de corecție care ține seama de oscilațiile conductorului.

**8.12.** Coeficientul de corecție  $v_1$ , care ține seama de oscilațiile conductorului, are valorile :

— În instalațiile de curent continuu:  $v_1 = 2$ .

— În instalațiile de curent alternativ :

— dacă  $\sigma + \sigma_b \geq 0,8 \sigma'_{0,2}$ ,  $v_1 = 1$

— dacă  $\sigma + \sigma_b < 0,8 \sigma'_{0,2}$ ,  $v_1 = \frac{0,8 \sigma'_{0,2}}{\sigma + \sigma_b}$ ,

unde  $\sigma'_{0,2}$  este valoarea maximă a limitei de curgere tehnice.

Valoarea indicată mai sus pentru coeficientul de corecție  $v_1$  reprezintă o limită superioară, care poate fi adoptată în mod curent pentru simplificarea calculelor. În anumite situații însă (de exemplu, în cazul deschiderilor relativ mici în comparație cu secțiunea conductorului), această limită superioară se îndepărtează mult de valoarea reală, ducând la supradimensionări. În astfel de cazuri se va determina valoarea reală a coeficientului  $v_1$  cu ajutorul metodei de calcul din anexa 1.

**8.13.** Greutatea proprie a conductorului, a pieselor intermediare etc. trebuie luată în considerare dacă rezistența corespunzătoare în conductor nu este neglijabilă în raport cu cea determinată de eforturile electrodinamice.

Cu aceeași condiție trebuie luate în considerare la conductoarele situate în exterior greutatea depunerilor de chiciură (inclusiv zăpadă, polei etc.) și sarcina dată de vînt. Se va ține seama de indicațiile cuprinse în instrucțiunile de proiectare referitoare la conductoarele neizolate flexibile cu următoarele observații :

a) Grosimea stratului de chiciură, indicată pentru conductoarele neizolate flexibile în cadrul condițiilor meteorologice limită în România, se reduce cu 25% în cazul conductoarelor rigide.

b) Sarcina orizontală  $p$  dată de vînt se determină cu relația aproximativă :

$$p = k \cdot \frac{d}{100} \cdot \frac{v^2}{16}, \quad [\text{daN/m}]$$

În care :

$d$  este lățimea suprafeței expusă vîntului — cu sau fără chiciură — în proiecție pe un plan vertical, cm ;

$v$  — coeficientul aerodinamic ;  $k = 1,2$ .

$k$  — coeficientul aerodinamic ;  $k = 1,2$ .

Rezistențele datorate greutateii proprii, chiciurii și vîntului se adună aritmetic sau geometric (în funcție de forma secțiunii conductoarelor), rezistența rezultantă notîndu-se cu  $\sigma'$ .

Aceleași rezistențe se adună cu rezistența datorată eforturilor electrodinamice dintre faze. Adunarea se face, de asemenea, aritmetic sau geometric, în funcție de forma secțiunii conductoarelor. Valoarea rezultantă se notează cu  $\sigma''$ .

Conductorul este rezistent din punct de vedere mecanic dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază:

$$\sigma'' \leq 2 \sigma_{0,2}$$

$$\sigma' \leq \sigma_{0,2}$$

— în cazul pachetelor de conductoare :

$$\sigma'' + \sigma_b \leq 2 \sigma_{0,2}$$

$$\sigma' + \sigma_b \leq \sigma_{0,2}$$

Dacă nu sînt neglijabile în raport cu sarcina determinată de eforturile electrodinamice, sarcinile suplimentare care se exercită asupra punctelor de sprijin, datorită greutateii proprii, chiciurii și vîntului, trebuie luate în considerare.

#### Anexa 1

##### Metodă de calcul pentru determinarea coeficienților

$v$  și  $v_i$

1) Valorile coeficienților de corecție  $v$  și  $v_i$  indicate la pct. 8.9. și 8.12. reprezintă limite superioare, care pot fi uneori mult mai mari decît valorile reale, conducînd astfel la supradimensionări.

Valorile reale pot fi determinate cu ajutorul metodei expuse mai jos.

2) În instalațiile de curent continuu, valorile reale ale coeficienților  $v$  și  $v_i$  rezultă din diagrama reprezentată în figura 7, în care :

$f_0$  este frecvența proprie a sistemului de conductoare,  $s^{-1}$  ;

$t$  — durata scurtcircuitului, s.

3) În instalațiile de curent alternativ, valorile reale ale coeficienților  $v$  și  $v_1$  rezultă din diagrama reprezentată în figura 8, în care :

$f_0$  este frecvența proprie a sistemului de conductoare,  $s^{-1}$  ;

$f$  — frecvența rețelei, Hz.

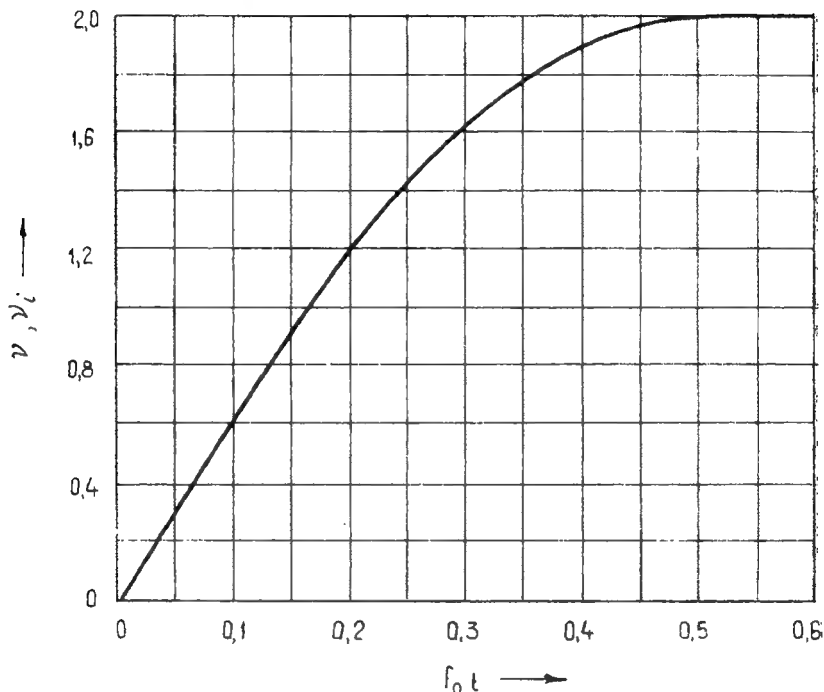


Fig. 7. Valorile coeficienților  $v$  și  $v_1$  pentru instalațiile de curent continuu.

Diagrama din figura 8 este valabilă în cazul conductoarelor dispuse într-un singur plan.

Curba coeficientului  $v$  a fost întreruptă la valoarea  $v=1$ , întrucât la valori supraunitare solicitările admisibile nu sînt depășite nici în caz de rezonanță. În locul valorilor supraunitare, se va considera  $v=1$ .

4) În cazul conductoarelor fixate conform pct. 8.1.a. și al punctelor de sprijin rigide, raportul frecvențelor are valoarea :

$$f_0/f = (f_{00}/f) \cdot c_1 c_2 c_3,$$

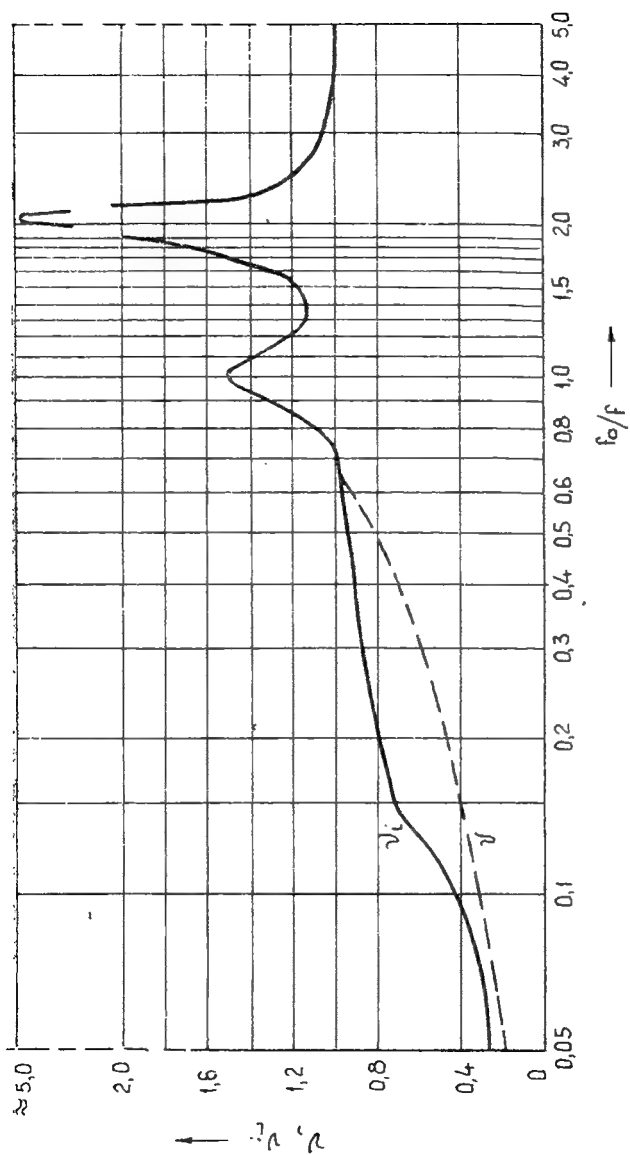


Fig. 8



în care :

- $f_{00}$  este frecvența proprie a conductorului (în cazul unui conductor unic pe fază) sau a unui element al pachetului de conductoare, în ipoteza că nu există legături de derivație și piese intermediare,  $s^{-1}$ ;
- $c_1$  — un factor de corecție care ține seama de influența pieselor intermediare ;
- $c_2$  — un factor de corecție care ține seama de rigiditatea legăturilor de derivație ;
- $c_3$  — un factor de corecție care ține seama de unghiul pe care îl fac legăturile de derivație.

Dacă punctele de sprijin sînt elastice, rezultă mai multe frecvențe proprii ale sistemului de conductoare, iar metoda de calcul expusă în aceste instrucțiuni nu poate fi aplicată. Se consideră că punctele de sprijin sînt elastice, dacă oscilațiile lor, provocate de forțele electrodinamice de scurtcircuit, sînt de același ordin de mărime cu oscilațiile barelor. În cazurile curențe se admite că punctele de sprijin sînt rigide.

5) Frecvența proprie a conductorului (în cazul unui conductor unic pe fază) sau a unui element al pachetului de conductoare este dată de relația :

$$f_{00} = \frac{112}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{g}} \quad [s^{-1}]$$

în care :

- $L$  este lungimea deschiderii dintre două puncte de sprijin vecine, cm ;
- $E$  — modulul de elasticitate al conductorului, daN/cm<sup>2</sup> (vezi anexa 4) ;
- $J$  — momentul de inerție al conductorului față de axa principală a secțiunii perpendiculare pe direcția forțelor, cm<sup>4</sup> ;
- $g$  — greutatea unitară a conductorului, daN/cm.

6) Factorul de corecție  $c_1$ , care ține seama de influența pieselor intermediare, are valoarea  $c_1=1$  dacă nu există piese intermediare (de exemplu, în cazul unui conductor unic pe fază).

În cazul pachetelor de bare dreptunghiulare, dacă există piese intermediare, factorul  $c_1$  rezultă din figura 9, în funcție de numărul  $m$  de piese intermediare situate în deschidere (exclusiv cele situate în dreptul punctelor de sprijin) și de raportul  $G/ngL$ ,

în care :

- $G$  este greutatea unei piese intermediare, daN ;
- $n$  — numărul de bare ale pachetului ;
- $g$  — greutatea unitară a unui conductor al pachetului, daN/cm ;
- $L$  — lungimea deschiderii între punctele de sprijin, cm.

7) Factorul de corecție  $c_2$ , care ține seama de rigiditatea legăturilor de derivație, depinde de caracteristicile acestor legături.

O legătură de derivație este considerată rigidă dacă îndeplinește una dintre următoarele condiții :

- momentul de inerție al conductorului de derivație este aproximativ egal cu momentul de inerție al pachetului de bare, iar lungimea sa (fig. 10) este mai mică sau cel mult egală cu 60% din deschiderea  $L$  ;
- momentul de inerție al conductorului de derivație este mai mic decât momentul de inerție al pachetului de bare, iar lungimea sa este mai mică sau cel mult egală cu 30% din deschiderea  $L$ .

Valorile caracteristice ale legăturilor de derivație rigide sînt afectate de indicele  $r$ .

Dacă o legătură de derivație nu îndeplinește nici una dintre condițiile de mai sus, ea este considerată elastică.

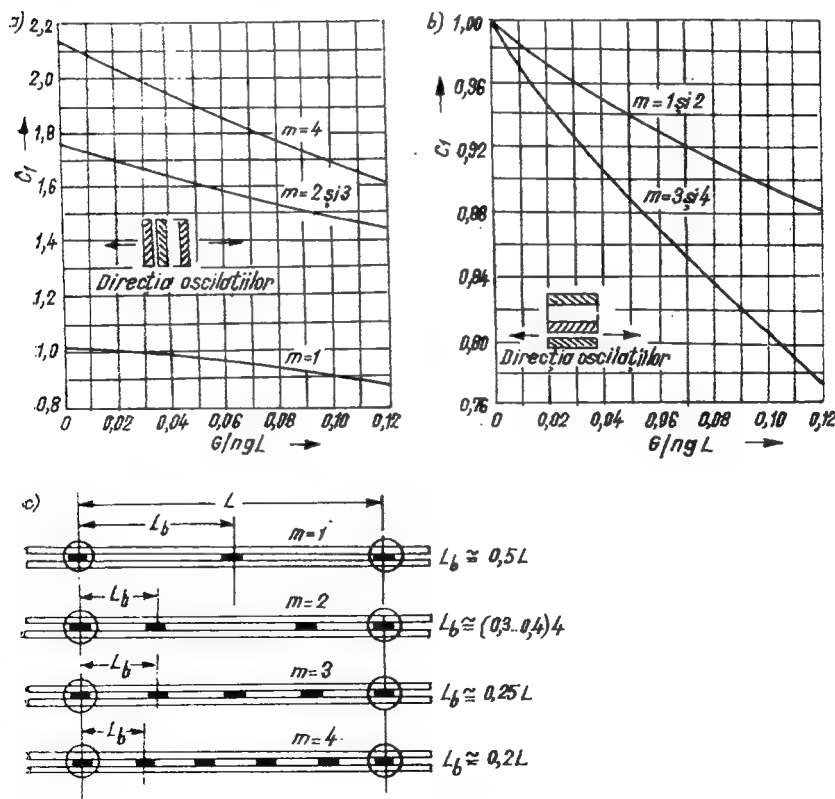


Fig. 9

Valorile ei caracteristice sînt afectate de indicele e.

a) Cînd nu există legături de derivație, factorul de corecție are valoarea  $c_2=1$ ;

b) Cînd există o singură derivație în deschidere, factorul de corecție are valoarea :

— pentru o legătură de derivație rigidă :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{64} (J_r/J) (L/L_r)^3 u_r}{1 + 0,6 (S_r/S) (L_r/L) u_r}}$$

— pentru o legătură de derivație elastică :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} (J_e/J) (L/L_e)^3 u_e}{1 + (S_e/S) (L_e/L) u_e}}$$

în care :

J este momentul de inerție al pachetului de conductoare,  $\text{cm}^4$ ;

$J_r$  — momentul de inerție al legăturii de derivație rigide,  $\text{cm}^4$ ;

$J_e$  — momentul de inerție al legăturii de derivație elastice,  $\text{cm}^4$ ;

S — secțiunea totală a pachetului de bare,  $\text{cm}^2$ ;

$S_r$  — secțiunea legăturii de derivație rigide,  $\text{cm}^2$ ;

$S_e$  — secțiunea legăturii de derivație elastice,  $\text{cm}^2$ ;

L — lungimea deschiderii între două puncte de sprijin vecine, cm;

$L_r$  — lungimea legăturii de derivație rigide (fig. 10), cm;

$L_e$  — lungimea legăturii de derivație elastice (fig. 10), cm;

u — factorul de nesimetrie al legăturii de derivație.

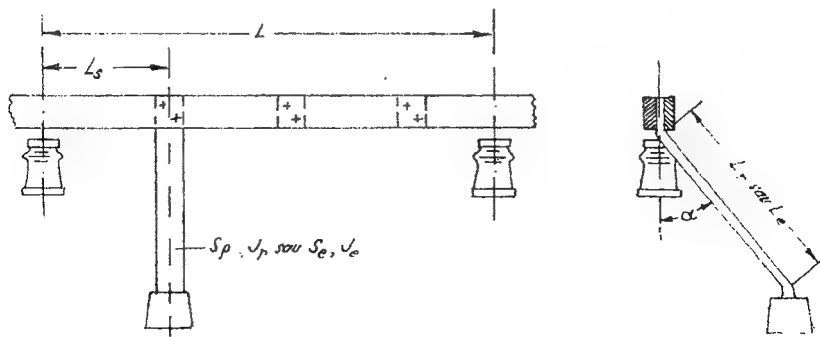


Fig. 10

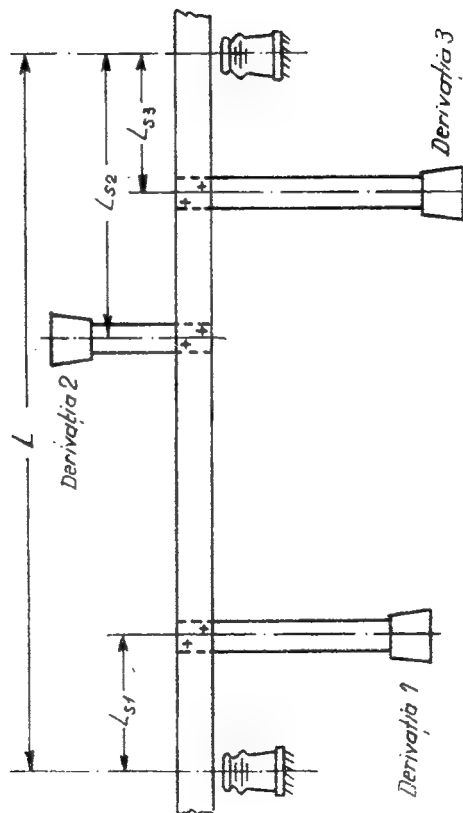
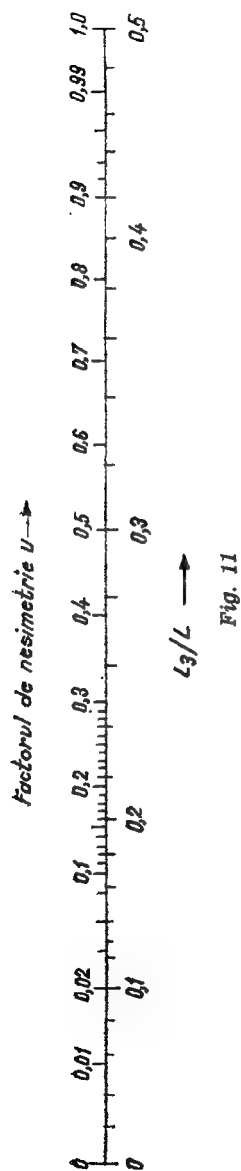


Fig. 12. Exemplu de deschidere cuprinzând trei derivații.

Factorul de nesimetrie u al legăturii de derivație rezultă din nomograma reprezentată în figura 11, în care s-a notat cu  $L_s$  distanța legăturii de derivație pînă la cel mai apropiat punct de sprijin (fig. 12), astfel încît  $L_s \leq 0,5 L$ .

c) Cînd există mai multe derivații în deschidere (fig. 12), factorul de corecție are valoarea :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{64} \sum_r (J_r/J) (L/L_r)^3 u_r + \frac{1}{16} \sum_e (J_e/J) (L/L_e)^3 u_e}{1 + 0,6 \sum_n (S_r/S) (L_r/L) u_r + \sum_e (S_e/S) (L_e/L) u_e}}$$

8) Factorul de corecție  $c_3$ , care ține seama de unghiul pe care îl fac legăturile de derivație, are valoarea  $c_3 = 1$ , dacă nu există nici o derivație în deschidere sau dacă nici o legătură de derivație nu este îndoită ( $\alpha = 0$ , unde  $\alpha$  are semnificația din figura 10).

Dacă în deschidere există o singură legătură de derivație îndoită, factorul  $c_3$  rezultă din relația :

$$c_3 = 1 + \left[ \left( \frac{L}{L - L_s} \right)^2 \cdot \frac{c'_1 c'_2}{c_1 c_2} - 1 \right] \sin \alpha,$$

în care :

- $L$  este lungimea deschiderii între două puncte de sprijin vecine, cm ;
- $L_s$  — distanța legăturii de derivație pînă la cel mai apropiat punct de sprijin, conform figurii 12, cm ;
- $c'_1$  — factorul de corecție care ține seama de influența pieselor intermediare, calculat pentru deschiderea  $(L - L_s)$  și raportat la această deschidere ;
- $c'_2$  — factorul de corecție care ține seama de rigiditatea legăturilor de derivație, calculat pentru deschiderea  $(L - L_s)$  și raportat la această deschidere ;
- $\alpha$  — unghiul de înclinare al legăturii de derivație conform figurii 10.

Relația de calcul pentru factorul de corecție  $c_3$  nu este adaptată pentru cazul în care există în deschidere mai multe legături de derivație îndoite. Acest caz este extrem de rar. De obicei, fiecare deschidere cuprinde cel mult o derivație.

**Calculul mecanic**  
**în ipoteza că nu se cunoaște limita de curgere tehnică**  
**a materialului conductoarelor**

În cazurile în care nu se cunosc valorile minimă  $\sigma_{0,2}$  și maximă  $\sigma'_{0,2}$  între care se află limita de curgere tehnică a materialului conductoarelor, se respectă indicațiile cuprinse la pct. 8, cu următoarele deosebiri :

1) Coeficienții de corecție  $v$  și  $v_i$  se neglijează (adică valoarea lor se consideră totdeauna egală cu 1).

2) Conductorul se consideră rezistent din punct de vedere mecanic, dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază :

$$\sigma \leq \sigma_a$$

— în cazul pachetelor de conductoare :

$$\sigma + \sigma_b \leq \sigma_a$$

unde  $\sigma_a$  este rezistența admisibilă.

3) Valoarea rezistenței admisibile  $\sigma_a$  se calculează cu relația :

$\sigma_a = \frac{R}{0,85} \cdot \frac{1}{C}$ , în care  $C=1,71$  (conform DIN 4113 E), iar  $R$  este rezistența de rupere ( $\text{daN/cm}^2$ ) din tabelul 11.

4) Greutatea proprie a conductorului, greutatea depunerilor de chiciură (inclusiv zăpadă, polei etc.) și sarcina dată de vînt trebuie luate în considerare în condițiile menționate la pct. 8.13.

Conductorul se consideră rezistent din punct de vedere mecanic, dacă sînt îndeplinite condițiile :

— în cazul unui conductor unic pe fază :

$$\sigma'' \leq \sigma_a$$

— în cazul pachetelor de conductoare :

$$\sigma'' + \sigma_b \leq \sigma_a$$

**Calculul momentelor de inerție și al modulelor de rezistență**  
**ale pachetelor de conductoare**

**Pachetele de bare dreptunghiulare (v. fig. 1)**

Față de axa  $x-x$ , momentele de inerție și modulele de rezistență se însumează.

Față de axa 0—0 :

$$2 \text{ bare :} \quad J_0 = 26 J_y \quad [\text{cm}^4]$$

$$W_0 = \frac{26}{3} W_y \quad [\text{cm}^3]$$

$$3 \text{ bare :} \quad J_0 = 99 J_y \quad [\text{cm}^4]$$

$$W_0 = \frac{99}{5} W_y \quad [\text{cm}^3]$$

4 bare — dispoziția a :

$$J_0 = 244 J_y \quad [\text{cm}^4]$$

$$W_0 = \frac{244}{7} W_y \quad [\text{cm}^3]$$

4 bare — dispoziția b :

$$J_0 = \left( 160 + \frac{360}{b} + \frac{300}{b^2} \right) J_y \quad [\text{cm}^4]$$

$$W_0 = \frac{J_0}{3b + 2,5} \quad [\text{cm}^3]$$

în care  $J_y$  și  $W_y$  reprezintă momentul de inerție ( $\text{cm}^4$ ) și modulul de rezistență ( $\text{cm}^3$ ) ale unei singure bare, față de axa  $y-y$ , iar  $b$  este grosimea unei bare (cm).

#### **Pachetele compuse din două profiluri U (v. fig. 2)**

Față de axa  $x-x$ , momentele de inerție și modulele de rezistență se însumează.

Față de axa 0—0 :

$$J_0 = 2 \left[ I_y + \left( b - e + \frac{i}{2} \right)^2 \cdot S \right] \quad [\text{cm}^4]$$

$$W_0 = \frac{J_0}{b + \frac{i}{2}} \quad [\text{cm}^3]$$

în care  $J_y$  este momentul de inerție al unui singur profil față de axa  $y-y$  ( $\text{cm}^4$ ),  $S$  este secțiunea unui singur profil ( $\text{cm}^2$ ), iar  $b$ ,  $e$  și  $i$  (cm) au semnificațiile din figura 2.

**Modulul de elasticitate al materialelor uzuale**

Pentru materialele uzuale se pot lua în considerare în calcul următoarele valori ale modulului de elasticitate :

- pentru aluminiu :  $E \approx 6\,500 \dots 7\,200 \text{ daN/cm}^2$  ;
- pentru cupru :  $E \approx 12\,000 \dots 13\,000 \text{ daN/cm}^2$ .

**Limita de curgere tehnică pentru conductoarele  
fabricate în R. S. România**

Limita de curgere tehnică este definită în STAS 200-67, dar standardele de stat nu prevăd valori precise pentru conductoarele rigide neizolate din aluminiu și cupru.

Prin comparație (pe baza rezistenței de rupere), cu valorile prevăzute de DIN-VDE a fost alcătuit tabelul 12, care conține o propunere pentru conductoarele fabricate în țară. Limita de curgere tehnică reală trebuie să se găsească între valoarea minimă  $\sigma_{0,2}$  și cea maximă  $\sigma'_{0,2}$ .

Valorile propuse sînt orientative. Ele pot fi utilizate în proiectare numai dacă sînt garantate de fabricant sau confirmate prin încercări.

**Contactele electrice, piesele de dilatare etc.**

1) Contactele electrice la îmbinările conductoarelor rigide trebuie să posedă o suprafață suficient de mare, pentru ca temperatura să nu depășească valoarea de  $+70^\circ\text{C}$ . Temperaturi mai mari pot fi admise în cazuri excepționale, bine justificate, adoptîndu-se măsuri speciale de protejare a contactelor.

2) Îmbinarea cu șuruburi a barelor dreptunghiulare și suprafețele de contact necesare în situații normale sînt arătate în figura 13 (după DIN 43673). Suprafețele de contact indicate sînt suficiente pentru îmbinarea prin suprapunere a două bare cu grosimea de maximum 10 mm și permit trecerea în bune condiții a curentului admisibil al barelor.

În cazul pachetelor de bare cu grosimea totală de maximum 80 mm îmbinate prin suprapunere, lungimea suprapunerii rămîne aceeași, în timp ce suprafața totală de contact se mărește corespunzător.



Tabelul 12

## Caracteristicile mecanice ale conductoarelor rigide neizolate din aluminiu și cupru

STAS	Denumirea	Materialul	Modul de fabricare	Calitatea	Dimensiunile	Rezistența la rupere, daN/cm <sup>2</sup>	Limita de curgere tehnică, daN/cm <sup>2</sup> *	
							$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,2}$
3322-66	Bare dreptunghiulare din aluminiu	Al E	Bare trase	m	Toate	700	400	1000
			Bare brut presate	1/2 t	Toate	800	700	1100
				—	Toate	700	400	1000
524-67	Țevi rotunde din aluminiu	Al 99,5	Țevi trase	m	Toate	700	400	1000
				1/2 t	Toate	900	600	1000
				m	Toate	2000	1000	2100
392-66	Bare dreptunghiulare din cupru	Cu E	Bare trase	1/2 t	Până la 500 mm <sup>2</sup> inclusiv	2500	1500	2600
			Bare brut presate	—	Peste 500 mm <sup>2</sup>	2400	1400	2500
				m	Toate	2000	1000	2100
532-67	Țevi rotunde trase din cupru	Cu 9	Țevi trase	m	Toate	2200	1100	2300
				1/2 t	Toate	2400	1400	2500
				m	Toate	2000	1000	2100
391-66	Bare rotunde din cupru	Cu E	Bare trase	1/2 t	Toate	2000	1000	2100
			Bare brut presate	—	Toate	2500	1500	2600
				m	Toate	2000	1000	2100

\* Valori orientative (prin comparație cu cele recomandate din DIN-VDE), care trebuie garantate de fabricant sau confirmate prin încercări.

La îmbinarea cu eclise, suprafața totală de contact este mai mare decât la îmbinarea prin suprapunere.

Indicațiile din figura 13 sînt valabile pentru îmbinări de bare de aluminiu între ele, de cupru între ele și de aluminiu și cupru între ele.

Lățimea barelor (mm)															
15...40		40	50 și 60		80... 120		140... 180		200...240						
b	d	*)	*)	b	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	*)	b	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	*)	b	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	*)
15	7	M6	M12	50	14	22	M12	80	20	40	M16	140	25	45	M16
20	9,5	M8		60	17	26	M12	100	25	50	M16	160	25	55	M16
25	11,5	M10						120	30	60	M16	180	30	60	M16
30	14	M12										200	25	50	M16
40	18	M16										220	27,5	55	M16
												240	30	60	M16

\*) Mărima șuruburilor.

\*\*) Tăieturi longitudinale de la 120 mm lățime a barelor.

Fig. 13. Îmbinări de bare.

Numărul și mărimea șuruburilor sînt astfel stabilite, încît prin stringerea lor cu o cheie normală, să se obțină presiunea necesară, de circa 50 daN/cm<sup>2</sup>.

3) La îmbinarea prin contact a altor tipuri de conductoare rigide, suprafețele de contact necesare pot fi determinate aproximativ tot pe baza indicațiilor din figura 13, corelînd curentul admisibil al barelor dreptunghiulare cu suprafața de contact necesară și ținînd seama și de materialul conductorului.

4) Determinarea suprafețelor de contact necesare se poate face, de asemenea, pe baza densității de curent admisibile  $j$  (A/mm<sup>2</sup>), care variază în funcție de curentul  $I$ .

În cazul contactelor de cupru pe cupru se pot folosi relațiile :

$$I < 200 \text{ A} \quad j_{\text{cu}} = 0,31 \text{ A/mm}^2$$

$$I = 200 - 2\,000 \text{ A} \quad j_{\text{cu}} = 0,31 - 1,05 \times 10^{-4} \times I \text{ A/mm}^2$$

$$I = 2\,000 \text{ A} \quad j_{\text{cu}} = 0,12 \text{ A/mm}^2$$

În cazul contactelor de aluminiu pe aluminiu, se folosește relația :

$$j_{\text{al}} = 0,8 j_{\text{cu}}$$

La îmbinările mixte (aluminiiu și cupru) se adoptă densitatea admisibilă pentru aluminiiu.

Se menționează că densitățile de curent care pot fi deduse din figura 13 se apropie de valorile de mai sus în cazul pachetelor de bare cu mai multe suprafețe de contact etajate, la care disiparea căldurii este mai dificilă. La suprapunerea a numai două bare, suprafețele de contact rezultate pe baza densităților de curent de mai sus sînt de circa două ori mai mari decît cele indicate în figura 13.

5) În cazul conexiunilor la bornele aparatelor, barele vor fi găurite corespunzător bornelor.

6) Șuruburile folosite pentru îmbinare trebuie să posede o rezistență mecanică superioară.

La pachetele de bare cu o grosime totală pînă la 10 mm, se prevăd rondelle elastice numai sub piulițele șuruburilor. La grosimi totale peste 10 mm, ele se prevăd și sub capetele șuruburilor.

O altă soluție constă în folosirea unor șuruburi cu același coeficient de dilatare termică ca al conductoarelor.

7) La conductoarele de aluminiiu, șaibele trebuie să aibă un diametru mai mare decît cel normal, pentru a evita deformarea aluminiiului.

8) În cazul curenților alternativi care depășesc 500 A, trebuie să rămînă o mică distanță între șaibele șuruburilor alăturate, pentru a evita încălziri inadmisibile prin curenți turbionari.

La curenți de 4 000 A sau mai mari se folosesc exclusiv șuruburi din material nemagnetic.

9) Șuruburile de oțel trebuie să fie zincate sau bicromatizate.

10) În cazul îmbinărilor între cupru sau aluminiiu în spații umede sau în exterior sînt necesare plăci intermediare cupal.

În astfel de spații, chiar pentru îmbinările între conductoare din același material, se recomandă etanșarea rosturilor cu un lac fără conținut acid și rezistent la acid (de exemplu, bronz de argint).

11) În cazul conductoarelor lungi (de exemplu, bare colectoare), se recomandă îmbinările prin sudură.

12) Pentru controlul temperaturilor la îmbinări, se recomandă folosirea unor vopsele care își schimbă culoarea după temperatură. Întrucît aceste vopsele conțin, în general, mercur, se recomandă aplicarea lor numai pe capul șuruburilor și nu pe conductoare.

13) Pentru înlăturarea efectelor dăunătoare ale dilatării termice a conductoarelor, în special în caz de scurtcircuit (apariția unor forțe exercitate asupra punctelor de susținere și deformarea legăturilor de derivație), se prevăd piese de dilatare la conductoarele de lungime mai mare. Aceste piese sînt constituite din foi de aluminiiu sau cupru (după materialul conductoarelor) dispuse în pachete și solidarizate la capete.

Distanța dintre două piese de dilatare se determină în funcție de dilatarea admisă la scurtcircuit. Alungirea specifică a conductorului cu creșterea temperaturii rezultă din relația :

$$100 \frac{\Delta l}{l} = 100 \cdot \alpha \cdot \Delta t, \quad [\%]$$

în care :

- $l$  este lungimea inițială a conductorului, m ;
- $\Delta l$  — alungirea datorată dilatării termice a conductorului, m ;
- $\Delta t$  — diferența de temperatură, °C ;
- $\alpha$  — coeficientul de dilatare termică liniară, °C<sup>-1</sup> ;

acest coeficient are următoarele valori :

- pentru aluminiu :  $\alpha = 24 \times 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup> ;
- pentru cupru moale :  $\alpha = 17 \times 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup> ;
- pentru cupru tare :  $\alpha = 16,2 \times 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup>.

Conductoarele de lungime mică, racordate la bornele aparatelor, nu necesită măsuri speciale, dacă sînt îndoit și pot prelua dilatări. În cazul traseelor rectilinii, se recomandă prevederea unor îndoituri speciale pentru preluarea dilatărilor.

14) În cazul legăturilor la aparate care vibrează, se prevăd piese flexibile pentru preluarea vibrațiilor, care să împiedice transmiterea acestora la alte aparate.

Anexa 7

### Datele necesare pentru proiectare

- 1) Caracterul instalației (interioară sau exterioară).
- 2) Zona geografică și altitudinea.
- 3) Datele climatice statistice ale zonei de amplasare :
  - în cazul instalațiilor de exterior : temperatura maximă absolută a aerului, viteza maximă a vîntului, viteza vîntului cînd există chiciură, greutatea depunerilor de chiciură, gradul de poluare a atmosferei cu agenți nocivi pentru materialul conductoarelor ;
  - în cazul instalațiilor de interior : temperatura maximă absolută a aerului, viteza curentului de aer (dacă există), gradul de poluare a atmosferei cu agenți nocivi pentru materialul conductoarelor.
- 4) Destinația încăperii (în cazul instalațiilor de interior).
- 5) Destinația circuitului.
- 6) Tensiunea nominală și tensiunea maximă de serviciu (dacă diferă de prevederile STAS 6489).
- 7) Frecvența nominală a rețelei.
- 8) Curentul nominal al circuitului.
- 9) Curentul maxim de durată al circuitului (dacă corespunde supra-încărcării de durată admise sau previzibile pentru consumatorii sau linia alimentată).

În circuitele generatoarelor și ale transformatoarelor-bloc se consideră că nu există posibilități de supraîncărcare de durată.

În circuitele celorlalte transformatoare, supraîncărcarea de durată se consideră cea indicată de întreprinderea constructoare pentru durata de 2 ore (supraîncărcare în caz de avarie în instalație, cu depășirea limitelor de temperatură admise în mod normal). În lipsa indicațiilor întreprinderii constructoare se va admite o supraîncărcare de durată de 25—30% peste sarcina nominală.

10) Regimul suprasarcinilor de durată limitată (dacă există și depășesc curentul maxim de durată).

Pentru regimuri de lucru intermitente: durata de funcționare și durata totală a ciclului.

11) Datele de scurtcircuit, și anume:

$I_k''$  — valoarea eficace inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit trifazat ( $I_{k3}''$ ), bifazat ( $I_{k2}''$ ) sau monofazat ( $I_{k1}''$ );

$I_k$  — valoarea eficace a curentului stabilizat de scurtcircuit trifazat ( $I_{k3}$ ), bifazat ( $I_{k2}$ ) sau monofazat ( $I_{k1}$ );

$R/X$  —  $R$  și  $X$  reprezentînd partea reală și coeficientul părții imaginare ale impedanței complexe a căii de scurtcircuit.

Este necesar să se cunoască tipul scurtcircuitului (trifazat, bifazat sau monofazat) și punctul de defect care duc la solicitarea termică maximă. La nevoie se vor face mai multe verificări.

În circuitele trifazate, stabilitatea electrodinamică este determinată de curentul de scurtcircuit trifazat.

Se va ține seama atât de situația rețelei în perioada instalării conductoarelor, cît și de dezvoltarea ei în viitor. În acest scop se recomandă stabilirea unei puteri de scurtcircuit plafon, pentru care se dimensionează întreaga instalație sau cel puțin părțile care sînt mai greu de înlocuit în viitor.

12) Timpul de declanșare total al protecției de bază:

— În cazul existenței reanclanșării automate se vor lua în considerare componența ciclului de funcționare și timpul de declanșare total la fiecare declanșare din ciclu.

— Dacă protecția de bază are zone moarte, precum și în cazul circuitelor care necesită o mare siguranță, se va indica, de asemenea, timpul de declanșare total al protecției de rezervă.

13) Elementele geometrice ale deschiderii.

14) Limita de curgere tehnică inferioară ( $\sigma_{0,2}$ ) și superioară ( $\sigma'_{0,2}$ ) a materialului conductoarelor. Dacă aceste valori nu sînt cunoscute, se poate utiliza metoda de calcul al rezistențelor admisibile (conform anexei 2).

**Exemplul de calcul I**

(Pachete de bare dreptunghiulare într-o stație interioară)

**Datele necesare pentru proiectare**

- 1) Caracterul instalației : instalație interioară.
- 2) Zona geografică : regiunea subcarpatică, altitudinea : 500 m.
- 3) Temperatura maximă absolută a aerului în interior  $\theta_s = +35^\circ\text{C}$ .

Atmosfera nu este poluată.

- 4) Destinația încăperii : sală de conexiuni.
- 5) Destinația circuitului : bare colectoare.
- 6) Tensiunea nominală :  $U_n = 10 \text{ kV}$ .
- 7) Tensiunea maximă de serviciu :  $U_n = 12 \text{ kV}$ .
- 8) Frecvența nominală a rețelei : 50 Hz.
- 9) Curentul nominal al circuitului rezultă din puterea maximă de

tranzit :  $P = 30 \text{ MVA}$ .

$$I_{nc} = \frac{P}{\sqrt{3} U_n} = \frac{30\,000}{\sqrt{3} \times 10} = 1\,730 \text{ A.}$$

- 9) Curentul maxim de durată al circuitului : aceeași valoare ca mai sus :

$$I_{md} = I_{nc} = 1\,730 \text{ A.}$$

- 10) Regimul suprasarcinilor de durată limitată : nu există astfel de suprasarcini.

- 11) Datele de scurtcircuit : pe baza mai multor verificări, s-a constatat că solicitarea termică maximă este determinată de scurtcircuitul trifazat.

Puterea de scurtcircuit trifazat la timpul 0 :  $P_{k_3}'' = 250 \text{ MVA}$ .Puterea de scurtcircuit trifazat stabilizată :  $P_{k_3} = 200 \text{ MVA}$ .

$$I_{k_3}'' = \frac{P_{k_3}''}{\sqrt{3} U_n} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 10} = 14,4 \text{ kA}$$

$$I_{k_3} = \frac{P_{k_3}}{\sqrt{3} U_n} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 10} = 11,5 \text{ kA}$$

$$R/X = 0,1$$

- 12) Timpul de declanșare total al protecției de bază : 0,6 s.

Timpul de declanșare total al protecției de rezervă : 3 s.

Circuitul prezintă o mare importanță, deci se va lua în considerare protecția de rezervă.

Nu există reanclanșare automată.

13) Elementele geometrice ale deschiderii sînt indicate în figura 14. Lungimea derivațiilor :

- fazele R și T : 60 cm ;
- faza S : 50 cm.

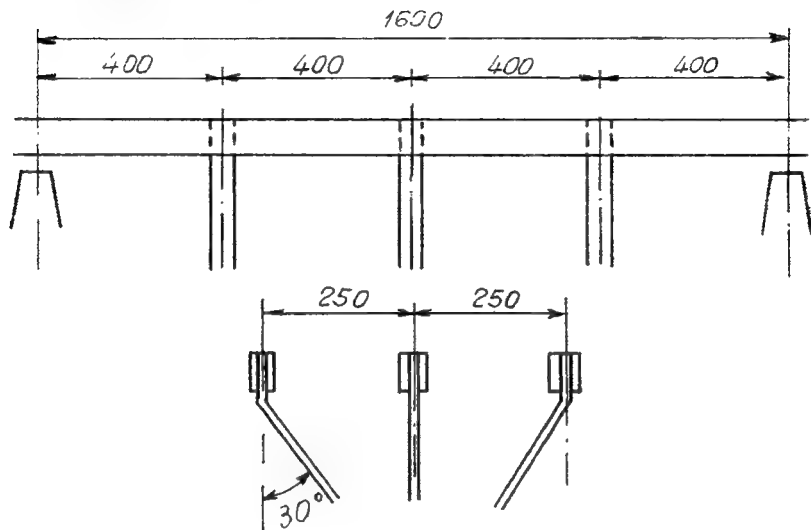


Fig. 14

14) Limita de curgere tehnică a materialului conductoarelor diferă după sortimente. Se presupune că sînt respectate valorile indicate în anexa 5 și în tabelul 12.

### Materialul conductoarelor

Neexistînd condiții climatice și de mediu speciale, se vor folosi bare dreptunghiulare de aluminiu, sub rezerva că, în urma calculului mecanic, nu vor rezulta eforturi foarte mari și nu vor fi necesare profiluri.

### Curentul maxim de durată

- 1) Conductoarele vor fi vopsite.
- 2) Barele vor fi așezate pe muchie.
- 3) Temperatura aerului înconjurător fiind diferită de  $+25^{\circ}\text{C}$ , trebuie să se aplice coeficientul de corecție din tabelul 8 :

$$k=0,884$$

4) Curentul admisibil la temperatura ambiantă de  $+25^{\circ}\text{C}$  și la temperatura conductorului de  $+70^{\circ}\text{C}$  :

$$I_{da} \geq \frac{I_{md}}{k} = \frac{1\,730}{0,883} = 1\,960 \text{ A}$$

Din tabelul 1 rezultă că sînt posibile următoarele soluții :

Al $2 \times (60 \times 10)$	1 200 mm <sup>2</sup>	$I_a = 1\,930 \text{ A}$
Al $2 \times (100 \times 5)$	1 000 mm <sup>2</sup>	$I_a = 2\,160 \text{ A}$
Al $3 \times (50 \times 10)$	1 500 mm <sup>2</sup>	$I_a = 2\,250 \text{ A}$
Al $3 \times (80 \times 5)$	1 200 mm <sup>2</sup>	$I_a = 2\,300 \text{ A}$

Se alege soluția cea mai economică : Al  $2 \times (100 \times 5)$  mm.

Curentul admisibil la temperatura ambiantă de  $+35^{\circ}\text{C}$  este :

$$I'_{da} = k I_{da} = 0,884 \times 2\,160 = 1\,910 \text{ A.}$$

### Stabilitatea termică

1) Factorul de șoc conform PE 103.

$$\alpha = 1,76$$

2) Coeficientul m, care ține seama de aportul componentei aperiodeice a curentului de scurtcircuit, rezultă conform PE 103.

$$m = 0$$

◆ 3) Coeficientul n, care ține seama de variația în timp a valorii eficace a compentei periodice rezultă în funcție de raportul :

$$\frac{\tilde{I}_{k_1}}{I_{k_1}} = \frac{14,4}{11,5} = 1,25$$

$$n = 0,86$$

4) Curentul echivalent al scurtcircuitului :

$$I_m = I_{k_1} \sqrt{(m+n)t} = 14,4 \sqrt{(0+0,86) \times 3} = 23,2 \text{ kA}$$

5) Temperatura inițială a conductorului  $\theta_c$  (la începutul scurtcircuitului) se poate determina exact :

$$\theta_c = \theta + (70 - \theta_a) \frac{I_{md}^2}{I_d^2} = 35 + (70 - 25) \frac{1\,730^2}{2\,160^2} = 64^{\circ}\text{C}$$



6) Temperatura admisibilă pentru aluminiu la sfârșitul scurtcircuitului :

$$\theta_{sc} = 180^{\circ}\text{C}$$

7) Densitatea de curent admisibilă la scurtcircuit rezultă din PE 103 :

$$j_t = 84 \text{ A/mm}^2$$

8) Secțiunea necesară :

$$S_{nec} = \frac{I_m}{j_t} = \frac{23\,200}{84} = 276 \text{ mm}^2$$

Secțiunea aleasă ( $1\,000 \text{ mm}^2$ ) este deci suficientă.

### Calculul mecanic

1) Direcția forțelor electrodinamice coincide cu una dintre axele principale ale secțiunii conductoarelor.

Conductoarele se pot considera încastrate total la ambele capete ale deschiderii.

2) Se prevăd piese de rigidizare în punctele de sprijin pe izolatoare și la derivații.

3) Curentul de scurtcircuit de șoc :

$$i_a = \sqrt{2} I_{k3}'' = 1,76 \sqrt{2} \times 14,4 = 35,8 \text{ kA}.$$

4) Forța totală maximă între faze, care se exercită asupra întregii deschideri, este :

$$F = 2 \frac{L}{a} i_s^2 \cdot 10^{-2} = 2 \frac{160}{25} \times 35,8^2 \times 10^{-2} = 167 \text{ daN}$$

5) Distanța fictivă dintre conductoarele pachetului este indicată în tabelul 11 :

$$a_f = 4 \text{ cm}$$

6) Forța totală maximă dintre conductoarele pachetului, care se exercită asupra unei deschideri cuprinse între două piese intermediare vecine are valoarea :

$$F_b = 2 \frac{L_b}{a_f} \left( \frac{i_s}{n} \right)^2 \cdot 10^{-2} = 2 \frac{40}{4} \left( \frac{35,8}{2} \right)^2 \times 10^{-2} = 65 \text{ daN}$$

7) Modulul de rezistență al unei singure bare este indicat în tabelul 1 :

$$W_y = 0,417 \text{ cm}^3$$

8) Modulul de rezistență compus al pachetului de conductoare se calculează conform anexei 3 :

$$W_0 = \frac{2\beta}{3} \times W_y = \frac{26}{3} \times 0,417 = 3,62 \text{ cm}^3$$

Întrucât în interiorul deschiderii există trei piese de rigidizare, se admite în calcul o valoare egală cu 60% din cea determinată mai sus :

$$W_0 = 0,6 \times 3,62 = 2,17 \text{ cm}^3$$

9) Coeficientul de corecție  $\nu$  pentru instalațiile de curent alternativ este :

$$\nu = 1$$

10) Rezistența în conductor la scurtcircuit :

— datorită eforturilor electrodinamice dintre faze :

$$\sigma = \nu \frac{FL}{12 W_0} = 1 \times \frac{167 \times 160}{12 \times 2,17} = 1\,020 \text{ daN/cm}^2$$

— datorită eforturilor electrodinamice dintre barele aceleiași faze :

$$\sigma_b = \nu \frac{F_b \cdot L_b}{12 W_y} = 1 \times \frac{65 \times 40}{12 \times 0,417} = 520 \text{ daN/cm}^2$$

11) Limita de curgere tehnică pentru barele trase de Al 100×5 (calitate 1/2 t), conform tabelului 12 va fi :

$$\sigma_{0,2} = 700 \text{ daN/cm}^2$$

$$\sigma'_{0,2} = 1\,100 \text{ daN/cm}^2$$

12) Rezistența totală :

$$\sigma + \sigma_b = 1\,020 + 520 = 1\,540 \text{ daN/cm}^2$$

Nu este îndeplinită prima dintre condițiile :

$$\sigma + \sigma_b < 2\sigma_{0,2}$$

$$\sigma_b \leq \sigma_{0,2}$$

Este necesar un calcul exact al coeficienților  $\nu$  și  $\nu_1$ , conform anexei I.

13) Momentul de inerție al unui conductor al fasciculului este indicat în tabelul 1 :

$$J_y = 0,104 \text{ cm}^4$$

14) Modulul de elasticitate al aluminiului, conform anexei 4, este :

$$E = 650\,000 \text{ daN/cm}^2$$

15) Greutatea unitară a conductorului este indicată în tabelul 1 :

$$g = 0,0135 \text{ daN/cm}$$

16) Frecvența proprie a unui element al pachetului de conductoare :

$$f_{00} = \frac{112}{L^2} \sqrt{\frac{E J_y}{g}} = \frac{112}{160^2} \sqrt{\frac{650\,000 \times 0,104}{0,0135}} = 9,8 \text{ s}^{-1}$$

17) Factorul de corecție  $c_1$  :

— Greutatea unei piese intermediare ( $100 \times 60 \times 5 \text{ mm}$ ), inclusiv șuruburile :

$$G = 0,5 \text{ daN}$$

— Raportul  $G/ngL$  :

$$\frac{G}{ngL} = \frac{0,5}{2 \times 0,0135 \times 160} = 0,115$$

Din figura 9 a rezultă :

$$c_1 = 1,48$$

18) Factorul de corecție  $c_2$  :

— Momentul de inerție compus al pachetului de conductoare se calculează conform anexei 3 și, întrucît în deschidere există trei piese de rigidizare, valoarea se reduce la 60%.

$$J_0 = 0,6 \times 25 J_y = 0,6 \times 26 \times 0,104 = 1,62 \text{ cm}^4$$

— Momentul de inerție al conductorului de derivație ( $60 \times 5 \text{ mm}$ ) :

$$J_d = 0,625 \text{ cm}^4$$

— Lungimea conductorului de derivație :

— fazele R și T :  $L_d = 60 \text{ cm}$  ;

— faza S :  $L_d = 50 \text{ cm}$ .

Întrucît  $J_d < J_0$ , dar  $L_d > 0,3 L = 0,3 \times 1\,600 = 48 \text{ cm}$ , legăturile de derivație sînt elastice.

— Distanța legăturii de derivație pînă la cel mai apropiat punct de sprijin :

— fazele R și T :  $L_s = 40$  cm ;

— faza S :  $L_s = 80$  cm.

— Factorul de nesimetrie  $u$  al legăturii de derivație rezultă din figura 11, în funcție de raportul  $L_s/L$  :

— fazele R și T :  $\frac{L_s}{L} = \frac{40}{160} = 0,25$   $u_e = 0,31$

— faza S :  $\frac{L_s}{L} = \frac{80}{160} = 0,5$   $u_e = 1$

— Factorul de corecție rezultă din relația :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{J_e}{J_0} \left( \frac{L}{L_e} \right)^3 u_e}{1 + \frac{S_e}{S'} \cdot \frac{L_e}{L} \cdot u_e}}$$

— fazele R și T :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{0,0625}{1,62} \left( \frac{160}{60} \right)^3 \times 0,31}{1 + \frac{3}{10} \cdot \frac{60}{160} \times 0,31}} = 0,99$$

— faza S :

$$c_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{0,0625}{1,62} \left( \frac{160}{50} \right)^3 \times 1}{1 + \frac{3}{10} \cdot \frac{50}{160} \times 1}} = 0,995$$

19) Factorul de corecție  $c_3$  este diferit de 1 numai la fazele R și T, ale căror derivații sînt îndoite.

— Factorul de corecție  $c'_1$ , calculat pentru deschiderea  $L-L_s$ , este :

$$\frac{G}{ng(L-L_s)} = \frac{0,5}{2 \times 0,0135(160 - 40)} = 0,155$$

$$c'_1 = 1,35$$

— Întrucît în deschiderea  $L-L_s$  nu mai există nici o derivație :

$$c'_2 = 1$$

— Factorul  $c_3$  rezultă din relația :

$$c_3 = 1 + \left[ \left( \frac{L}{L - L_s} \right)^2 \cdot \frac{c'_1 \cdot c'_2}{c_1 c_2} - 1 \right] \sin \alpha$$

— fazele R și T :

$$c_3 = 1 + \left[ \left( \frac{160}{160 - 40} \right)^2 \cdot \frac{1,35 \times 1}{1,48 \times 0,99} \right] \times \frac{2}{1} = 1,32$$

— faza S :

$$c_3 = 1$$

20) Raportul frecvențelor rezultă din relația :

$$\frac{f_0}{f} = \frac{f_{00}}{f} \cdot c_1 c_2 c_3$$

— fazele R și T :  $\frac{f_0}{f} = \frac{9,8}{50} \times 1,48 \times 0,99 \times 1,32 = 0,38$

— faza S :  $\frac{f_0}{f} = \frac{9,8}{50} \times 1,48 \times 0,995 \times 1 = 0,29$

Situația cea mai defavorabilă este la fazele R și T.

21) Coeficienții  $v$  și  $v_1$  se determină pentru fazele R și T cu ajutorul figurii 8 :

$$v = 0,7$$

$$v_1 = 0,9$$

22) Rezistența în conductor la scurtcircuit, datorată eforturilor electrodinamice între faze :

$$\sigma = v \frac{FL}{12 W_0} = 0,7 \frac{167 \times 160}{12 \times 2,17} = 714 \text{ daN/cm}^2$$

Pentru determinarea rezistenței datorate eforturilor dintre barele aceleiași faze rămân valabile coeficientul  $v=1$  și valoarea calculată anterior :

$$\sigma_b = 520 \text{ daN/cm}^2$$

23) Rezistența totală :

$$\sigma + \sigma_b = 714 + 520 = 1\,234 \text{ daN/cm}^2$$

Sînt îndeplinite condițiile :

$$\sigma + \sigma_b \leq 2 \sigma_{0,2}$$

$$\sigma_b \leq \sigma_{0,2}$$

Dacă s-ar fi utilizat metoda rezistențelor admisibile, conductoarele nu ar fi putut fi considerate stabile electrodinamic, întrucât nu ar fi fost îndeplinită condiția :

$$\sigma + \sigma_b \leq \sigma_a$$

24) Forța maximă exercitată asupra punctelor de sprijin este :

$$F_1 = v_1 F = 0,9 \times 167 = 150 \text{ daN.}$$

## Date și rezultate de calcul

### Conductoare neizolate rigide

#### A. Date generale

1	Zona geografică	Regiunea subcarpatică		
2	Altitudinea	500 m		
3	Caracterul instalației	Interioară		
4	Date climatice	Temperatura maximă a aerului	°C	35
		Viteza maximă a vântului	m/s	—
		Viteza vântului când există chiciură	m/s	—
		Greutatea depunerilor de chiciură	daN/m	—
5	Tensiunea nominală	10 kV		
6	Tensiunea maximă de serviciu	12 kV		
7	Destinația încăperii	Sală de conexiuni		

#### B. Caracteristicile conductoarelor

Nr. crt.	Circuitul sau porțiunea de circuit	Conductorul ales	
		Material	Dimensiuni, mm
1	Bare colectoare	Al	2 × (100 × 5)

## C. Calculul electric

Nr. crt.	Criteriul de dimensionare		Simbol	Unitatea de măsură	Valoarea pentru diverse circuite		
					1	2	3
0	1		2	3	4	5	6
1	Elementele geometrice	Distanța dintre faze	a	cm	25		
		Lungimea deschiderii	L	cm	160		
		Distanța dintre piesele de distanțare	$L_b$	cm	40		
2	Curentul maxim de durată	Curentul maxim de durată al circuitului	$I_{md}$	A	1730		
		Coeficientul de corecție pentru temperatură	$k_1$	—	0,884		
		Coeficientul de corecție la curent de aer	$k_2$	—	1		
		Coeficientul de corecție pentru bare pe lat	$k_3$	—	1		
		Coeficientul de corecție pentru bare verticale	$k_4$	—	1		
		Coeficientul de corecție pentru altitudine	$k_5$	—	1		
		Curentul admisibil	$I'_d$	A	1910		
3	Stabilitatea	Curentul $I''_k$	$I''_k$	kA	14,4		
		Curentul $I_k$	$I_k$	kA	11,5		
		Raportul $I''_k / I_k$	—	—	1,25		
		Raportul R/X		—	0,1		
		Factorul de șoc	$\alpha$	—	1,76		

0	1		2	3	4	5	6
	termică la scurt- circuit	Timpul de declan- șare total	La prima declanșare	t	s	3	
			La a doua declanșare	t	s	—	
		Coefi- cientul m	La prima declanșare	m	—	0	
			La a doua declanșare	m	—	—	
		Coefi- cientul n	La prima declanșare	n	—	0,86	
			La a doua declanșare	n	—	—	
		Curentul mediu echiva- lent	La prima declanșare	$I_{m1}$	kA	23,2	
			La a doua declanșare	$I_{m2}$	kA	—	
			Total	$I_m$	kA	23,2	
		Tempe- ratura conduc- torului	Inițială	$\theta_c$	°C	64	
			Finală	$\theta_{sc}$	°C	180	
		Densitatea de curent admisibilă		$j_t$	A/mm <sup>2</sup>	84	
		Secțiunea necesară		$S_{nec}$	mm <sup>2</sup>	276	
4	Efectul corona	Cîmpul critic de efect corona	$E_{cor}$	kV/cm	—		
		Cîmpul maxim la supra- fața conductorului	$E_m$	kV/cm	—		



## D. Calculul mecanic

Nr. crt.	Criteriul de dimensionare		Simbol	Unitatea de măsură	Valoarea pentru diverse circuite		
					1	2	3
0	1		2	3	4	5	6
1	Curentul de scurtcircuit de șoc		$i_s$	kA	35,8		
2	Greutatea unitară a conductorului		g	daN/m	1,35		
3	Greutatea depunerilor de chiciură		$g'_e$	daN/m	—		
4	Forța vîntului	Cînd nu există chiciură	$p_p$	daN/m	—		
		Cînd există chiciură	$p_c$	daN/m	—		
5	Distanța fictivă dintre elementele pachetului		$a_f$	cm	4		
6	Momentul de inerție al unui conductor		J	cm <sup>4</sup>	0,104		
7	Modulul de rezistență al unui conductor		W	cm <sup>3</sup>	0,417		
8	Modulul de rezistență al pachetului		$W_0$	cm <sup>3</sup>	2,17		
9	Forța totală	În deschidere	F	daN	167		
		Între două piese intermediare	$F_b$	daN	65		
10	Frecvența proprie a conductorului	Pentru un element al pachetului	$f_{00}$	s <sup>-1</sup>	9,8		
		Factori de corecție	$c_1$	—	1,48		
			$c_2$	—	0,99		
			$c_3$	—	1,32		
		Raportul frecvențelor $f_0/f$	—	—	0,38		
11	Coeficienții de corecție pentru oscilații		$v$	—	0,7		
			$v_i$	—	0,9		

0	1		2	3	4	5	6
12	Rezisten- țele în conduc- tor	Eforturile între faze	$\sigma$	daN/cm <sup>2</sup>	1020		
		Eforturile între barele aceleiași faze	$\sigma_b$	daN/cm <sup>2</sup>	520		
		Greutatea proprie, chiciură și vînt	$\sigma'$	daN/cm <sup>2</sup>	—		
		Suma geometrică $\sigma + \sigma'$	$\sigma''$	daN/cm <sup>2</sup>	—		
		Suma aritmetică $\sigma + \sigma_b$ (sau $\sigma'' + \sigma_b$ )	—	daN/cm <sup>2</sup>	1540		
		Suma aritmetică $\sigma' + \sigma_b$	—	daN/cm <sup>2</sup>	—		
13	Limita de curgere tehnică a con- ductorului		$\sigma_{0,2}$	daN/cm <sup>2</sup>	700		
			$\sigma'_{0,2}$	daN/cm <sup>2</sup>	1100		
14	Rezistența admisibilă a conducto- rului		$\sigma_a$	daN/cm <sup>2</sup>	—		
15	Forța asupra punctului de sprijin		$F_i$	daN	150		

1 kgf ~ 1 daN.

Апеха 9

### Solicitările electrodinamice maxime în bara colectoare cu amplasarea fazelor în virfurile unui triunghi dreptunghic

Pentru calculul analitic al rezistenței mecanice al oricărui tip de bare colectoare este necesar să se cunoască legea de distribuție a vectorilor solicitărilor electrodinamice pe toate direcțiile, avînd module maxime.

Considerînd numai interacțiunile dintre faze, legea de distribuție a solicitărilor electrodinamice pentru bara colectoare în poziția analizată (fig. 15) se poate exprima cu următoarele formule: (1), (2), (3), (4), (5), (6) unde:

BARA A

$$f_{Ax} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot A \cdot i_y^2 \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 \quad (1)$$

$$f_{Ay} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot A \cdot i_y^2 \sin^2 \psi_1 \quad (2)$$

BARA B

$$f_{Bx} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot i_y^2 \left( \frac{1}{4} - \cos^2 \psi_1 \right) \quad (3)$$

$$f_{By} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot A \cdot i_y^2 \left( \frac{\sqrt{3}}{4} + \sin \psi_1 \cos \psi_1 \right) \quad (4)$$

BARA C

$$f_{Cx} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot A \cdot i_y^2 \left( \frac{\sqrt{3}}{4} - \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 \right) \quad (5)$$

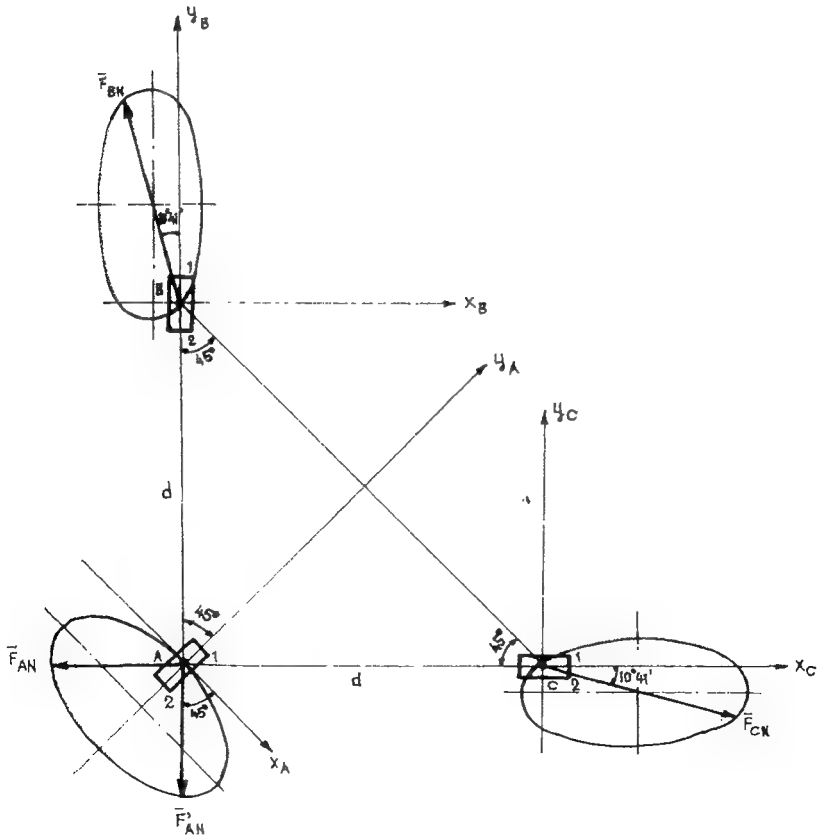


Fig. 15. Diagrama forțelor electrodinamice în barele dispuse după vîrfurile unui triunghi.

$$f_{Cy} = \frac{1}{2} \cdot A i_y^2 \left( \frac{1}{4} - \cos^2 \psi_1 \right), \quad (6)$$

unde :

$$A = 2 \cdot 10^{-7} \frac{1}{d} \left[ \frac{N}{A^2 m} \right] \quad (7)$$

$$i_y = I_M \left( 1 + e^{\frac{-\pi}{\omega T_a}} \right) \cdot [A] \quad (8)$$

În formulele (7) și (8)  $d$  este distanța dintre centrele de greutate ale secțiunilor transversale ale barelor (fig. 15), exprimată în m,  $i_y$  este curentul de șoc al scurtcircuitului trifazat, exprimat în A,  $I_M$  este amplitudinea componentei periodice a curentului de scurtcircuit trifazat, în A, iar  $T_a$  este constanta de timp a componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit, exprimată în s.

Formulele (1) — (6) reprezintă proiecțiile pe axele de coordonate  $X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C$  (fig. 15) ale vectorilor solicitărilor electrodinamice  $f_A, f_B$  și  $f_C$  aplicate pe porțiuni de bare cu lungimea de 1 m și cu cele mai mari module pentru toate direcțiile vectorilor (solicitărilor electrodinamice).

Expresiile (1) — (6) sînt ecuațiile parametrice ale elipselor (fig 18) al căror parametru este faza inițială a scurtcircuitului trifazat  $\psi_1$ . Aceste elipse demonstrează evident legitatea arătată mai sus, iar vectorul de solicitare electrodinamică trasat pe o direcție arbitrară (în planul său de acțiune) din centrul de greutate al secțiunii transversale al barei pentru un anume punct de pe elipsa corespunzătoare va avea cel mai mare modul pe această direcție.

Se demonstrează că cele mai mari valori ale modulelor vectorilor solicitărilor electrodinamice  $\overline{f_{AN}}, \overline{f'_{AN}}, \overline{f_{BN}}$  și  $\overline{f_{CN}}$  (fig. 15) care pot acționa asupra fazelor barei colectoare analizate se exprimă prin relațiile :

$$f_{AN} = f'_{AN} = \frac{3}{4} \cdot A i_y^2 \quad (9)$$

$$f_{BN} = f_{CN} = \frac{1,16}{\sqrt{2}} \cdot A i_y^2 \quad (10)$$

Legitatea exprimată cu formulele (1) — (6) se utilizează pentru determinarea analitică a celor mai mari tensiuni mecanice ( $\sigma$ ) în valoare absolută, care apar în barele cu secțiuni de formă oarecare sub acțiunea forțelor electrodinamice.

Astfel, este necesar ca ecuațiile elipselor de mai sus să fie scrise pentru acele sisteme de coordonare ale căror axe coincid cu axele centrale principale de inerție ale secțiunilor transversale ale barelor. Ecuațiile (1) — (6) au fost scrise pentru amplasarea axelor de coordonate corespunzătoare dispoziției din figura 15, dar pot fi transformate pentru oricare alt sistem de axe de coordonate.

Utilizând (1) — (6) pentru barele cu secțiune dreptunghiulară au fost stabilite următoarele expresii, care determină mărimile absolute ale tensiunilor mecanice  $|\sigma_{A1}|$ ,  $|\sigma_{A2}|$ ,  $|\sigma_{B1}|$ ,  $|\sigma_{B2}|$ ,  $|\sigma_{C1}|$ ,  $|\sigma_{C2}|$  în punctele 1 și 2 ale acestor secțiuni (fig. 15).

## BARA A

$$|\sigma_{A1}| = \frac{A \cdot i_y^2 b^2}{\sqrt{2} \cdot 10 W_{x_A}} \left[ \frac{\sqrt{3} W_{x_A}}{W_{y_A}} \cdot \sin \psi_1 \cos \psi_1 - \sin^2 \psi_1 \right], \left[ \frac{N}{m^2} \right] \quad (11)$$

$$|\sigma_{A2}| = \frac{A \cdot i_y^2 b^2}{\sqrt{2} \cdot 10 W_{x_A}} \left[ \frac{\sqrt{3} W_{x_A}}{W_{y_A}} \cdot \sin \psi_1 \cos \psi_1 + \sin^2 \psi_1 \right]$$

## BARA B

$$|\sigma_{B1}| = \frac{A \cdot i_y^2 b^2}{20 \cdot W_{x_B}} \left[ \frac{W_{x_B}}{4 W_{y_B}} + \frac{3}{4} - \frac{W_{x_B}}{W_{y_B}} \cdot \cos^2 \psi_1 + \sqrt{3} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 \right], \left[ \frac{N}{m^2} \right] \quad (12)$$

$$|\sigma_{B2}| = \frac{A \cdot i_y^2 b^2}{20 \cdot W_{x_B}} \left[ \frac{W_{x_B}}{4 W_{y_B}} - \frac{3}{4} - \frac{W_{x_B}}{W_{y_B}} \cdot \cos^2 \psi_1 - \sqrt{3} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 \right]$$

## BARA C

$$|\sigma_{C1}| = \frac{A \cdot i_y^2 b^2}{20 W_{x_C}} \left[ \frac{3 W_{x_C}}{4 W_{y_C}} + \frac{1}{4} - \sqrt{3} \frac{W_{x_C}}{W_{y_C}} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 - \cos^2 \psi_1 \right], \left[ \frac{N}{m^2} \right] \quad (13)$$

$$|\sigma_{C2}| = \frac{A \cdot i_y^2 b^2}{20 \cdot W_{x_C}} \left[ \frac{3 W_{x_C}}{W_{y_C}} - \frac{1}{4} - \sqrt{3} \frac{W_{x_C}}{W_{y_C}} \cdot \sin \psi_1 \cdot \cos \psi_1 + \cos^2 \psi_1 \right], \left[ \frac{N}{m^2} \right] \quad (14)$$

în care :

$W_{x_A}$ ,  $W_{y_A}$ ,  $W_{x_B}$ ,  $W_{y_B}$ ,  $W_{x_C}$ ,  $W_{y_C}$  reprezintă momentele de rezistență a secțiunilor barelor considerate, raportate la axele principale (centrale) de inerție (fig. 1),  $m^3$ ;

1 — lungimea deschiderii barei între două izolatoare consecutive de susținere, m.

La stabilirea relațiilor (9) — (14), barele au fost considerate ca grinzi statice.

Luind  $\psi_1$  ca o variabilă independentă a funcțiilor (9)—(14) și considerind valorile de maxim, se poate determina tensiunea cea mai mare în mărime absolută, care apare în barele analizate (fig. 15) sub acțiunea solicitărilor electrodinamice. Studii analoage se pot efectua pentru barele cu orice formă a secțiunii.

Astfel, legea distribuției celor mai mari solicitări electrodinamice, exprimată cu formulele (1)—(6) permite să se determine analitic tensiunile mecanice cele mai mari în valoare absolută, care apar în bara colectoare analizată sub acțiunea solicitărilor electrodinamice.

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Separatoare de înaltă tensiune	PE 111-5/75																												
		Grupa 1 Electro-energetică																												
<div>◆ C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Domeniul de aplicare . . . . .</td><td>307</td></tr><tr><td>2. Prescripții tehnice existente . . . . .</td><td>307</td></tr><tr><td>3. Condiții de instalare . . . . .</td><td>308</td></tr><tr><td>4. Nivelul de izolație . . . . .</td><td>311</td></tr><tr><td>5. Frecvența nominală . . . . .</td><td>311</td></tr><tr><td>6. Tensiunea nominală . . . . .</td><td>311</td></tr><tr><td>7. Curentul nominal . . . . .</td><td>312</td></tr><tr><td>8. Puterea de rupere și capacitatea de închidere . . . . .</td><td>312</td></tr><tr><td>9. Stabilitatea termică . . . . .</td><td>314</td></tr><tr><td>10. Stabilitatea electrodinamică . . . . .</td><td>314</td></tr><tr><td>11. Sistemul de acționare . . . . .</td><td>315</td></tr><tr><td>12. Condiții de montaj și exploatare . . . . .</td><td>319</td></tr><tr><td>Anexă. Exemplu de calcul . . . . .</td><td>320</td></tr></table>				Pag.	1. Domeniul de aplicare . . . . .	307	2. Prescripții tehnice existente . . . . .	307	3. Condiții de instalare . . . . .	308	4. Nivelul de izolație . . . . .	311	5. Frecvența nominală . . . . .	311	6. Tensiunea nominală . . . . .	311	7. Curentul nominal . . . . .	312	8. Puterea de rupere și capacitatea de închidere . . . . .	312	9. Stabilitatea termică . . . . .	314	10. Stabilitatea electrodinamică . . . . .	314	11. Sistemul de acționare . . . . .	315	12. Condiții de montaj și exploatare . . . . .	319	Anexă. Exemplu de calcul . . . . .	320
	Pag.																													
1. Domeniul de aplicare . . . . .	307																													
2. Prescripții tehnice existente . . . . .	307																													
3. Condiții de instalare . . . . .	308																													
4. Nivelul de izolație . . . . .	311																													
5. Frecvența nominală . . . . .	311																													
6. Tensiunea nominală . . . . .	311																													
7. Curentul nominal . . . . .	312																													
8. Puterea de rupere și capacitatea de închidere . . . . .	312																													
9. Stabilitatea termică . . . . .	314																													
10. Stabilitatea electrodinamică . . . . .	314																													
11. Sistemul de acționare . . . . .	315																													
12. Condiții de montaj și exploatare . . . . .	319																													
Anexă. Exemplu de calcul . . . . .	320																													
Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuiește :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975																												





## 1. DOMENIUL DE APLICARE

Prezentele instrucțiuni se aplică la alegerea sau verificarea separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pământ din stațiile de conexiuni și transformare, stațiile electrice aferente centralelor, precum și din posturile de transformare pentru curent alternativ cu frecvența de 50 Hz și tensiuni nominale mai mari de 1 kV.

Instrucțiunile tratează și separatoarele de scurtcircuitare și de sarcină, inclusiv dispozitivele de acționare ale acestora.

În anexă se prezintă un exemplu de calcul de alegere a unui separator de înaltă tensiune, ca model pentru proiectarea instalațiilor din stațiile de centrale sau de rețea.

## 2. PRESCRIPTII TEHNICE EXISTENTE

### ◆ 2.1. Standarde

- STAS 1564-1-76 — Separatoare de curent alternativ pentru tensiuni peste 1 kV. Condiții tehnice generale.
- STAS 5081-73 — Aparat electrice de conectare și de protecție cu tensiuni peste 1 kV. Terminologie.
- STAS 6669/1-77 — Încercarea echipamentului electric de înaltă tensiune.
- STAS 6669/1-77 — Încercări la înaltă tensiune. Prescripții generale.
- STAS 6669/2-77 — Încercări la înaltă tensiune. Metode de încercare.
- STAS 6489-67 — Rețelele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației. Niveluri de izolație și de protecție.

### ◆ 2.2. Prescripții, normative, instrucțiuni

- PE 003/79 — Nomenclatorul de verificări, încercări și probe privind montajul, punerea în funcțiune și darea în exploatare a instalațiilor energetice.

- PE 013/79** — Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice.
- PE 101/77** — Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.
- PE 103/70** — Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la sollicitări mecanice și termice, în condițiile curenților de scurtcircuit.
- PE 109/74** — Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor atmosferice.
- PE 116/78** — Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice, la punerea în funcțiune și în exploatare.
- CIMAE** — Instrucțiuni de montaj și exploatare pentru separatoare de interior 3÷35 kV, 200÷6 300 A.
- CIMAE** — Instrucțiuni de montaj și exploatare pentru separatoare de exterior 10÷400 kV, 200÷1 600 A.
- CIMAE** — Instrucțiuni de montaj și exploatare pentru dispozitive de acționare tip AME, AP, ASE.
- CIMAE** — Norme interne pentru separatoare de interior și exterior.

### **3. CONDIȚII DE INSTALARE**

#### **3.1. Tipul interior sau exterior**

Se vor alege separatoare sau dispozitive de legare la pământ de interior, în cazurile în care montarea lor se face într-o clădire sau într-un spațiu adăpostit, unde izolația este protejată contra ploii, zăpezii, depunerilor anormale de praf, condensării anormale (inclusiv roua și chiciura), la nevoie prin

încălzirea și ventilarea încăperii cu aer în condiții normale de temperatură și puritate. În celelalte cazuri se vor alege aparate de exterior special construite pentru condiții de funcționare corespunzătoare.

La tensiuni foarte înalte, la care nu se fabrică decît tipuri de exterior, se admite montarea în interior a acestora.

### 3.2. Altitudinea

Separatoarele își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții pînă la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

Pentru altitudini mai mari, dacă nu se poate dispune de indicațiile întreprinderii constructoare, se vor utiliza factorii de corecție din tabelul 1.

◆ Tabelul 1

Altitudinea maximă, m	Factor de corecție a tensiunii nominale	Factor de corecție a tensiunii de încercare
1000	1,0	1,0
1400	0,95	1,05
3000	0,80	1,25

### 3.3. Caracteristicile mediului ambiant

3.3.1. În condițiile din România, pentru mediul în care se amplasează aparatele se va lua în considerare de regulă următorul domeniu de temperaturi :

- valoarea maximă absolută :  $+40^{\circ}\text{C}$  ;
- valoarea maximă a mediei de 24 ore :  $+35^{\circ}\text{C}$  ;
- valoarea minimă absolută :
  - în exterior  $-50^{\circ}\text{C}$  ;
  - în interior  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Pentru cazurile în care valorile reale se pot găsi în afara domeniului pentru care este garantată buna funcționare a aparatului de către întreprinderea constructoare, este necesar avizul acesteia.

**3.3.2.** Pentru condițiile climatice din România, se poate considera că umiditatea relativă în interior nu depășește în general valoarea de 90%. La nevoie, ea poate fi redusă prin încălzirea aerului. În exterior umiditatea relativă poate atinge 100%. La alegerea separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pământ se va observa ca umiditatea reală să nu o depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare sau de standardul corespunzător. În caz contrar se recomandă consultarea întreprinderii constructoare.

**3.3.3.** Depunerile de umiditate pe separatoarele și dispozitivele de legare la pământ de tip interior vor fi evitate. Dacă acest lucru nu se poate realiza, se va recurge la recondiționarea aerului sau se vor alege aparate de tip exterior.

Pentru separatoarele și dispozitivele de legare la pământ de exterior, STAS 1564 ia în considerare funcționarea aparatajului cu strat de gheață sau chiciură.

Pentru condițiile climatice din țara noastră se recomandă ca separatoarele să poată funcționa în bune condiții și să poată fi manevrate sub un strat de gheață sau chiciură determinat în raport cu condițiile climatice locale, conform normativului PE 101.

În cazul în care separatoarele executate conform prevederilor STAS 1564 urmează a fi folosite în alte condiții decât cele normalizate, este necesar acordul întreprinderii constructoare.

**3.3.4.** Aparatele de fabricație curentă pot funcționa în general numai într-un mediu ambiant care nu conține praf, fum, gaze corosive sau inflamabile, vapori sau săruri în cantități care constituie un pericol deosebit. În cazul unui mediu ambiant poluat se vor aplica prevederile normativului PE 109.

**3.3.5.** Pe separatoarele de exterior presiunea vântului se determină cu relația :

$$P = 0,7 \frac{V_{\max}^2}{16} \quad [\text{daN/m}^2]$$

în care  $V_{\max}$  este viteza maximă a vîntului în m/s. Valoarea se determină în raport cu condițiile climatice locale sau conform prevederilor normativului PE 101; valoarea astfel obținută nu va trebui să o depășească pe cea admisă de întreprinderea constructoare.

#### 4. NIVELUL DE IZOLAȚIE

4.1. Tensiunile de încercare vor fi cele prevăzute în STAS 1564.

Pentru altitudini mai mari de 1 000 m se vor stabili condiții speciale, de comun acord cu întreprinderile constructoare. În lipsa acestora se pot folosi indicațiile din tabelul 1.

◆ 4.2. Lungimea liniei de conturare pe suprafața izolațiilor separatoarelor, în funcție de gradul de poluare al atmosferei, nu va fi mai mică decît cea prevăzută în normativul PE 109.

#### 5. FRECVENȚA NOMINALĂ

Frecvența nominală sau domeniul de frecvență pentru care este garantat separatorul sau dispozitivul de legare la pămînt va corespunde frecvenței nominale a rețelei.

#### 6. TENSIUNEA NOMINALĂ

6.1. Tensiunea nominală a separatorului sau a dispozitivului de legare la pămînt se va alege corespunzător cu aceea a rețelei.

În cazuri excepționale, bine justificate, pot fi alese separatoare sau dispozitive de legare la pămînt cu o tensiune nominală mai mare decît cea corespunzătoare rețelei. Astfel de situații pot apărea, de exemplu, în cadrul atmosferelor excesiv poluate la separatoarele de exterior, cînd nu sînt disponibile

separatoare corespunzătoare la tensiunea respectivă sau când se prevăd situații de funcționare temporară la un nivel de tensiune mai coborât.

**6.2. Tensiunea maximă de lucru** a separatorului sau a dispozitivului de legare la pământ va fi cel puțin egală cu tensiunea maximă a rețelei la locul de instalare a aparatului.

## 7. CURENTUL NOMINAL

**7.1.** Acest criteriu nu se referă la dispozitivele de legare la pământ.

**7.2.** Curentul nominal al separatorului trebuie să îndeplinească condiția :

$$I_{md} \leq I_n$$

unde :  $I_n$  este curentul nominal al separatorului ;

$I_{md}$  — curentul maxim de durată al circuitului.

În principiu, se va alege valoarea standardizată minimă care satisface condiția de mai sus, ținându-se seama și de perspectivele de viitor.

**7.3.** Dacă circuitul este străbătut de curenți de durată limitată mai mari decât curentul maxim de durată  $I_{md}$  (suprasarcini intermitente), se va consulta întreprinderea constructoare.

## 8. PUTEREA DE RUPERE ȘI CAPACITATEA DE ÎNCHIDERE

**8.1. Separatoarele normale** pot rupe sau stabili curenți de intensitate neglijabilă. Este necesară totuși garantarea de către întreprinderea constructoare a unei puteri de rupere și a unei capacități de închidere cel puțin în următoarele cazuri :

a) Când separatoarele trebuie să stabilească și să întrerupă curenți de mers în gol ai transformatoarelor de putere

în lipsa întreruptoarelor. Se recomandă ca încercările necesare să se facă cu transformatoare similare cu cele existente efectiv în rețea.

b) Când separatoarele trebuie să stabilească și să întrerupă curenți de mers în gol ai unor linii aeriene sau cabluri de o anumită lungime.

c) Când separatoarele trebuie să stabilească și să întrerupă curentul de magnetizare al transformatoarelor de măsură.

◆ **8.2. Separatoarele de sarcină** sînt destinate pentru închiderea sau deschiderea unor circuite de medie tensiune sub sarcina lor nominală. Astfel de separatoare se pot utiliza pentru :

- conectarea motoarelor de înaltă tensiune ;
- deconectarea bateriilor de condensatoare ;
- conectarea liniilor și cablurilor în gol ;
- conectarea și deconectarea bobinelor de compensare ;
- conectarea și deconectarea alimentărilor radiale.

Separatoarele de sarcină vor fi verificate la :

- curentul de rupere nominal, A ;
- curentul de rupere capacitiv, A ;
- curentul de rupere inductiv, A ;
- puterea de rupere la  $U_n$ , kVA ;
- curentul de închidere pe scurtcircuit, kA ;
- curentul-limită termic și dinamic, kA.

◆ **8.3. Separatoarele de scurtcircuitare** sînt destinate pentru stabilirea voită (automată) a unei legături la pământ în vederea sensibilizării protecțiilor din amonte de locul de montare a separatoarelor în cazul unor defecte în aval care în mod normal nu sînt sesizate de aceste protecții.

Verificarea acestor separatoare se va face ținîndu-se seama de :

- curentul-limită termic de 1s, kA ;
- curentul-limită dinamic și de închidere pe scurtcircuit,  $kA_{max}$  ;
- timpul de închidere, s.

**8.4.** Dispozitivele de legare la pământ în aer pot avea capacitatea de închidere specificată. Se va ține seama de aceasta

în cazurile în care dispozitivul de legare la pământ poate provoca un scurtcircuit prin operația de închidere, în lipsa unui blocaj corespunzător, la separatoarele de scurtcircuitare special construite.

## 9. STABILITATEA TERMICĂ

9.1. Pentru calculul stabilității termice este determinant curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum și punctul de defect, care conduc la solicitarea termică maximă.

9.2. Curentul echivalent  $I_m$  al scurtcircuitului se determină conform instrucțiunilor PE 103.

9.3. Curentul de stabilitate termică de 1 s ( $I_{1t}$ ) al separatorului sau al dispozitivului de legare la pământ este indicat în prospecte.

Dacă în loc de  $I_{1t}$ , în proiect, este indicat curentul de stabilitate termică  $I_t'$  pentru o durată de timp  $t$  diferită de 1 s, în lipsa altor indicații se poate folosi relația :

$$I_{1t} = I_t' \sqrt{t}$$

9.4. Separatorul sau dispozitivul de legare la pământ este stabil termic dacă este îndeplinită condiția :

$$I_m \leq I_{1t}$$

9.5. Dacă un separator este combinat cu un dispozitiv de legare la pământ într-un singur aparat (separator cu contacte de legare la pământ), stabilitatea termică a dispozitivului de legare la pământ trebuie să fie egală cu aceea a separatorului.

## 10. STABILITATEA ELECTRODINAMICĂ

10.1. Pentru verificarea stabilității electrodinamice a separatoarelor sau a dispozitivelor de legare la pământ din circuitele trifazate, este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.



**10.2.** Curentul de stabilitate electrodinamică  $I_d$  al separatorului sau al dispozitivului de legare la pământ este indicat în prospecte.

**10.3.** Aparatul este stabil electrodinamic dacă este îndeplinită condiția :

$$i_s \leq I_d,$$

unde  $i_s$  este amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc.

**10.4.** Dacă un separator este combinat cu un dispozitiv de legare la pământ într-un singur aparat (separator cu contacte de legare la pământ), stabilitatea electrodinamică a dispozitivului de legare la pământ trebuie să fie egală cu cea a separatorului.

## 11. SISTEMUL DE ACȚIONARE

**11.1.** Acționarea separatoarelor se face manual sau mecanic (pneumatic, hidraulic sau cu motor electric) astfel :

a) În stațiile de 400 kV separatoarele se comandă de la distanță atît în ceea ce privește acționarea cuțitelor principale, cît și în ceea ce privește cuțitele de legare la pământ.

b) În stațiile de 220 kV se comandă de la distanță numai acționarea cuțitelor principale ale separatoarelor de comutație. Atît cuțitele principale ale celorlalte separatoare, cît și cuțitele de legare la pământ se acționează local.

c) La stațiile de 110 kV acționarea separatoarelor de comutație și de legare la pământ a neutrului transformatoarelor se vor comanda de la distanță, iar restul separatoarelor și toate cuțitele de punere la pământ se vor acționa local (manual).

d) Separatoarele de sarcină pentru medie tensiune sînt acționate mecanic sau manual.

e) Separatoarele de scurtcircuitare sînt acționate cu dispozitiv cu resort tip MRESc.

f) Acționarea separatoarelor de legare la pământ a bobinelor de compensare din rețelele cu neutrul izolat se va comanda de la o distanță care exclude pericolul pentru operator (de exemplu de la cutiile de cleme).

**11.2.** La stațiile de medie tensiune și la cele de 110 kV de mică importanță se recomandă acționarea manuală, indiferent de funcția separatoarelor, cu excepția separatoarelor de legare la pământ a neutrlui transformatoarelor și a celor de la pct. 11.1. f care se vor comanda de la o distanță care exclude pericolul pentru operator.

**11.3.** Avînd în vedere dificultățile de montare a scurt-circuitoarelor în stațiile de 110—400 kV în cazul executării de lucrări, separatoarele de bare și linie se vor prevedea cu cuțite de legare la pământ (CLP), după cum urmează :

a) Pentru stațiile de 220 și 400 kV, separatoarele de bare vor fi prevăzute cu 1 CLP orientat spre întreruptor, iar separatoarele de linie cu 2 CLP orientate spre linie și spre întreruptor.

b) Pentru stațiile de 110 kV separatoarele de bară vor fi prevăzute cu 1 CLP orientat spre întreruptor, iar separatoarele de linie cu 1 CLP orientat spre linie.

**11.4.** Dispozitivele de acționare mecanică trebuie să permită întotdeauna și acționarea manuală în caz de necesitate.

**11.5.** În stațiile de 400 și 220 kV separatoarele sînt în montaj monopolar, acționarea acestora făcîndu-se cu dispozitive individuale pentru fiecare pol. În stațiile de 110 kV, montajul separatoarelor este de regulă tripolar, acționarea fiind tripolară pentru cuțitele principale și tripolară sau monopolară pentru cuțitele de punere la pământ. Montajul tripolar este realizat cu polii separatorului în linie sau alăturați. Acționarea cuțitelor principale și de punere la pământ în aceste montaje se face conform fig. 1 :

unde :

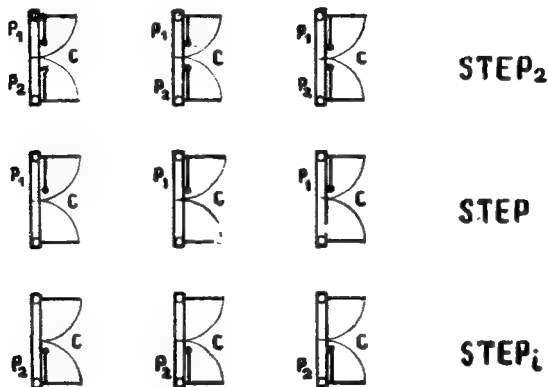
C este cuțitul principal-acționare trifazică prin dispozitiv cu motor, prin dispozitiv pneumatic și prin dispozitiv manual ;

P<sub>1</sub> — cuțit de legare la pământ — acționare trifazică prin dispozitiv cu motor, prin dispozitiv pneumatic și prin dispozitiv manual ;

P<sub>2</sub> — cuțit de legare la pământ — acționare monofazică prin dispozitiv manual.

11.6. În cazul acționării cu aer comprimat, presiunea nominală trebuie coordonată, în principiu, cu cea a aerului comprimat necesar pentru acționarea altor aparate sau pentru alte

a. Montajul alăturat



b. Montajul în linie

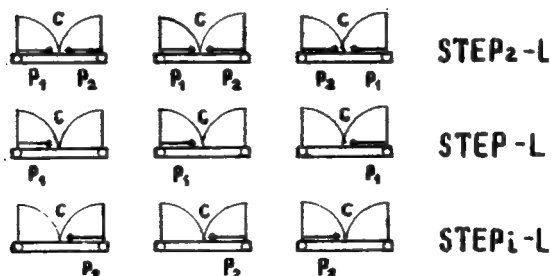


Fig. 1. Acționarea separatoarelor de 110 kV.

scopuri. Se va căuta să se reducă la minimum numărul de presiuni nominale diferite existente într-o centrală sau stație electrică.

11.7. Limitele de variație admisibile ale presiunii de alimentare sînt de 85—110% din presiunea nominală.

11.8. În cazul acționării prin servomotor, se va folosi de preferință tensiunea de 220 sau 380 V.

Dispozitivele de acționare trebuie să-și păstreze caracteristicile garantate la tensiuni de alimentare cuprinse între 80 și 110% din valoarea nominală și la frecvențe cuprinse între 90 și 105% din valoarea nominală.

**11.9.** Dispozitivele de acționare de orice tip trebuie să permită blocarea operativă a separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pământ, atât în poziția deschis, cât și în poziția închis. Aceasta nu se referă la separatoarele acționate manual cu ștangă izolantă.

Sistemul de blocare trebuie să permită acționarea separatoarelor și a dispozitivelor de legare la pământ numai în anumite condiții, depinzând de situația celorlalte aparate de comutare din interiorul celei, precum și de alte condiții exterioare celei.

La separatoarele cu contacte de legare la pământ, blocajul între contactele principale și cele de legare la pământ poate fi mecanic, realizat în cadrul separatorului și nu al dispozitivului de acționare. În acest caz, nu mai este necesar un alt blocaj la dispozitivul de acționare.

Separatoarele și dispozitivele de legare la pământ trebuie să fie prevăzute cu contacte auxiliare, necesare pentru diverse scopuri (semnalizarea poziției, comandă, blocaj, măsură etc.).

Numărul și tipul acestor contacte, inclusiv al celor de rezervă, se stabilește de la caz la caz, în funcție de necesitățile circuitelor secundare.

**11.10.** Semnalizarea poziției închis trebuie să se producă numai după ce contactele de înaltă tensiune au atins o poziție care permite circulația în deplină siguranță a curentului nominal și a celui de stabilitate termică.

Semnalizarea poziției deschis trebuie să se facă numai după ce contactele de înaltă tensiune s-au deschis suficient (astfel încât distanța de izolare în aer să fie de cel puțin 80% din cea normală).

Dacă dispozitivul de semnalizare este unic pentru toți polii, semnalul de poziție trebuie să se dea numai dacă la toți polii sînt îndeplinite condițiile de mai sus.

Semnalizarea trebuie să se facă local pe cale mecanică și la distanță pe cale electrică.

## 12. CONDIȚII DE MONTAJ ȘI EXPLOATARE

**12.1.** Separatoarele și dispozitivele de legare la pământ pot fi montate numai în pozițiile admise de întreprinderea constructoare. Ele vor fi astfel dispuse, încît închiderea sau deschiderea lor să nu se poată produce accidental (sub acțiunea greutății proprii, a presiunii vîntului, a vibrațiilor, a efectelor electrodinamice de buclă etc.).

În cazul montării în poziție orizontală a izolatoarelor separatoarelor, efortul admis de tracțiune la borne scade, valorile acestuia fiind indicate de fabrica constructoare.

**12.2.** Se va avea în vedere ca eforturile admise la borne să nu fie depășite la montajul separatoarelor.

**12.3.** Sistemul de legătură între bare și separator trebuie să fie elastic și să permită preluarea anumitor deplasări libere ale racordului în lungul axei barei de legătură, fără a se crea eforturi care să depășească valorile indicate (admise).

**12.4.** După montarea separatoarelor este necesară reglarea limitatoarelor de cursă și a presiunii pe contacte, verificîndu-se totodată și dacă contactul se face pe toată suprafața de contact a cuțitelor.

**12.5.** La separatoarele acționate pneumatic se va regla cu atenție debitul de aer, pentru a nu se produce șocuri puternice la acționare, care ar putea provoca deteriorarea separatorului.

**12.6.** Se va acorda o deosebită atenție montajului coloanelor de izolatoare la separatoarele de 220 și 400 kV, ținîndu-se seama de gabaritul mare al acestora. După montare, acestea vor trebui să se rotească ușor, pentru a nu periclita buna funcționare a separatorului și pentru a nu se distruge izolatoarele în timpul manevrelor.

**12.7.** Dispozitivele de acționare vor fi verificate după montare și probate cu întregul ansamblu separator, conform instrucțiunilor de montaj și exploatare.

**12.8.** Dispozitivele de acționare vor fi asigurate împotriva deschiderilor nedorite prin lacăt sau alte dispozitive de blocaj.

12.9. Întreținerea separatoarelor se va face conform indicațiilor fabricii constructoare.

12.10. Manevrarea cuțitelor de punere la pământ se va face numai după ce separatorul este complet scos de sub tensiune.

12.11. În timpul exploatării se va face examinarea exterioră (de la distanță) a tuturor separatoarelor de către persoane calificate care vor controla :

- lipsa unor defecte la izolatoare (spărturi sau fisuri) care se vor determina și după zgomotul caracteristic efluviiilor ;
- lipsa încălzirilor excesive ale căilor de curent, care se recunosc după închiderea culorii materialului acestora, sau, noaptea, prin înroșiri locale, perceptibile vizual.

Anexă

### Exemplu de calcul

#### *Datele necesare pentru proiectare*

1. Destinația circuitului primar : linie aeriană.

Schema electrică : stația cuprinde două sisteme de bare colectoare, fără bare de transfer, precum și un număr de opt celule. În exemplul de față se alege separatorul de linie. Se consideră că sînt necesare contacte de legare la pământ spre linie.

2. Numărul de faze ale circuitului primar : 3.

Nu se prevede funcționarea circuitului în două faze.

3. Tensiunea nominală a circuitului primar : 220 kV.

Tensiunea maximă de funcționare este de 245 kV (conform STAS 6489-67).

4. Frecvența nominală a rețelei : 50 Hz.

5. Tratarea neutrului rețelei : neutrul este legat direct la pământ.

6. Curentul nominal al circuitului primar : 800 A.

7. Curentul maxim de durată al circuitului primar : 1 200 A.

8. Regimul suprasarcinilor de durată limitată : nu se prevăd astfel de suprasarcini.

9. Timpul de declanșare total al protecției de bază : 0,2 s.

Timpul de declanșare total al protecției de rezervă : 1,2 s.

Se prevede reanclanșarea automată trifazată, cu ciclul :

D—t—ID—T—ID

Protecția de bază are o zonă moartă. Când acționează protecția de rezervă, nu intervine reanclanșarea automată.

10. Datele de scurtcircuit cele mai defavorabile :

a) Pentru determinarea stabilității termice și electrodinamice :

Punctul de defect cel mai defavorabil este pe linie, în imediata apropiere a stației.

Din punct de vedere termic, în cazul de față se consideră că scurtcircuitul trifazat este determinant.

Valorile-plafon, care țin seama și de perspectivele de viitor :

$$P_{k_3} = 12\,000 \text{ MVA} ; I_{k_3} = \frac{12\,000}{\sqrt{3} \times 220} = 31,5 \text{ kA}$$

$$P_{k_3} = 9\,500 \text{ MVA} ; I_{k_3} = \frac{9\,500}{\sqrt{3} \times 220} = 24,9 \text{ kA}$$

$$R/X = 0,1$$

b) Pentru determinarea capacității de conectare : nu este cazul.

11. Date necesare în cazul unor condiții de funcționare și de verificare speciale : nu este cazul. Conectarea și deconectarea liniei în gol se vor face cu ajutorul întreruptorului.

12. Detalii constructive sau de altă natură obligatorii : tipul constructiv al stației necesită separatoare de linie de tip rotativ. Montarea se va face în poziția normală (polii în poziția verticală).

Efortul la borne în caz de scurtcircuit :  $2 \times 60 \text{ kg}$  (conductoare jumelate).

13. Date referitoare la dispozitivul de acționare :

a) Tensiunea nominală a sursei auxiliare de curent continuu : 220 V.

Limitele admise pentru declanșatoarele de închidere și de deschidere : 80—110%.

b) Tensiunea nominală a sursei auxiliare de curent alternativ : 220/380 V.

Limitele admise pentru motoarele de acționare (dacă există) :

— tensiune : 80—110% ;

— frecvență : 90—105%.

c) Blocajele operative necesare :

— între cuțitele principale și cele de legare la pământ ;

— între cuțitele principale și întreruptorul celei separatorului de legare la celălalt sistem de bare și celula de cuplă.

14. Zona geografică, altitudinea și condițiile climatice :

a) Zona geografică : regiunea subcarpatică.

b) Montarea : în exterior.

c) Altitudinea : 500 m.

d) Temperatura ambiantă :

- valoarea maximă absolută  $+38^{\circ}\text{C}$  ;
- valoarea maximă a mediei de 24 de ore  $+31^{\circ}\text{C}$  ;
- valoarea minimă absolută (în exterior)  $-28^{\circ}\text{C}$ .

e) Umiditatea relativă a aerului :  $100\%$ .

f) Impurificările atmosferice : se mențin în limite normale (zona a II-a de poluare).

g) Viteza maximă a vântului : 30 m/s.

### *Condițiile de utilizare*

#### *Altitudine*

Întrucît altitudinea nu depășește 1 000 m, poate fi folosit orice separator de fabricație curentă.

Tipul : interior sau exterior.

Întrucît stația este exterioară, se va alege un separator de tip exterior.

#### **Caracteristicile mediului ambiant** (conform pct. 4.2.3.)

Valorile temperaturii ambiante indică necesitatea unui separator de clasa 2 (în sensul recomandărilor CEI), care corespunde și cu STAS 1564-70.

Umiditatea relativă indicată ( $100\%$ ) corespunde în general tuturor aparatelor de exterior.

Greutatea stratului de gheață sau de chiciură nu va depăși  $1,9 \text{ g/cm}^2$ .

Impurificările atmosferice normale nu ridică problema alegerii unui separator special.

Presiunea vântului pe aparate este :

$$P = 0,7 \frac{v_{\text{max}}^2}{16} = 0,7 \frac{40^2}{16} = 70 \text{ daN/m}^2,$$

valoare care nu depășește limita normală admisă de recomandările CEI.

#### *Mediul izolant*

Întrucît nu se impun condiții speciale, se va alege un separator de tip obișnuit în aer, cu distanța de izolare vizibilă.

#### *Numărul de poli*

Pentru un circuit trifazat cu tensiunea nominală de 220 kV, separatorul este format din trei unități monopolare.



*Frecvența nominală*

Separatorul va avea frecvența nominală de 50 Hz egală cu cea a rețelei.

*Tensiunea nominală*

1. Conform recomandărilor CEI, tensiunea nominală a separatorului trebuie să fie cel puțin egală cu tensiunea cea mai ridicată a rețelei : 245 kV.

2. Conform STAS 1564-70 separatorul este definit prin două valori :

- tensiunea nominală, cel puțin egală cu cea a rețelei : 220 kV ;
- tensiunea de serviciu, cel puțin egală cu cea maximă a rețelei : 245 kV.

*Nivelul de izolație*

1. Tensiunea nominală (conform recomandărilor CEI) 245 kV sau tensiunea nominală și tensiunea de serviciu (conform STAS 1564-70) : 220—245 kV.

Aceste valori au fost stabilite la punctul precedent.

2. Tensiunea de încercare cu unde de impuls (conform STAS 1564-70) :

- între părțile sub tensiune și pământ 900 kV ;
- între poli 900 kV ;
- asupra distanței de izolare 1 035 kV.

3. Tensiunea de încercare la frecvență industrială sub ploaie artificială (conform STAS 1564-70) :

- între părțile sub tensiune și pământ 395 kV ;
- între poli 395 kV ;
- asupra distanței de izolare 535 kV.

◆ 4. Lungimea liniei de conturare pe suprafața izolatoarelor (pentru rețea cu neutrul legat direct la pământ pentru o zonă cu grad de poluare II) : 2,0 cm/kV.

5. Separatorul va fi de tip exterior.

Curentul maxim de durată  $I_{md} = 1\,200\text{ A}$ .

Nu se prevăd suprasarcini de durată limitată.

Curentul nominal al separatorului :

$$I_n \geq I_{md} = 1\,200\text{ A}.$$

Capacitatea de deconectare și de conectare.

În cazul de față nu se impune o capacitate de deconectare sau de conectare specificată.

Întrucât stația cuprinde numai opt celule, curenții capacitivi care iau naștere și cei consumați de transformatoarele de tensiune pot fi considerați neglijabili.

*Stabilitatea termică*

1. În cazul funcționării protecției de bază, ciclul de funcționare al întreruptorului (D—t—ID—T—ID) cuprinde trei declanșări. La fiecare dintre acestea, timpul de declanșare total al protecției este de 0,2 s.

— Factorul de șoc (ținând seama de  $R/X=0,1$ ) :

$$\gamma=1,75$$

— Raportul  $I''_k/I_k$  :

$$\frac{I''_{k3}}{I_{k3}} = \frac{31,5}{24,9} = 1,26$$

— Coeficientul m :

$$m=0,25$$

— Coeficientul n :

$$n=0,96$$

— Curentul echivalent termic :

$$I_{m1}=I_{m2}=I_{m3}=I''_{k3}\sqrt{(m+n)t}=31\,500\sqrt{(0,25+0,96)\times 0,2}=15\,600\text{ A}$$

— Curentul mediu echivalent total :

$$I_{mt}=\sqrt{I_{m1}^2+I_{m2}^2+I_{m3}^2}=\sqrt{15\,600^2+15\,600^2+15\,600^2}=27\,000\text{ A}$$

2. În cazul funcționării protecției de rezervă, se produce o singură declanșare definitivă, timpul de declanșare total fiind de 1,2 s.

— Factorul de șoc are valoarea determinată la pct. 1 :

$$\gamma=1,75$$

— Coeficientul m :

$$m=0$$

— Raportul  $I''_k/I_k$  are valoarea determinată la pct. 1 precedent :

$$\frac{I''_{k3}}{I_{k3}}=1,26$$

— Coeficientul n :

$$n=0,90$$

— Curentul echivalent termic :

$$I_m = I_{k_3} \sqrt{(m+n)t} = 31\,500 \sqrt{(0+0,90) \times 1,2} = 36\,800 \text{ A}$$

Se constată că este determinant curentul echivalent termic în cazul funcționării protecției de rezervă.

3. Curentul de stabilitate termică de 1 s al separatorului (atît pentru contactele principale, cît și pentru cele de legare la pămînt) trebuie să îndeplinească condiția :

$$I_{it} \leq I_m = 36\,800 \text{ A.}$$

#### *Stabilitatea electrodinamică*

Pentru calculul stabilității electrodinamice este determinant curentul de scurtcircuit trifazat.

— Factorul de șoc a fost determinat anterior :

$$\kappa = 1,75$$

— Curentul de stabilitate electrodinamică al separatorului (atît pentru contactele principale, cît și pentru cele de legare la pămînt) trebuie să îndeplinească condiția :

$$I_d \geq \kappa \sqrt{2} I_{k_3} = 1,75 \sqrt{2} \times 31,5 = 77,8 \text{ kA.}$$

#### *Detaliile constructive*

Conform indicațiilor date în temă, se va alege un separator rotativ cu două coloane, cu cuțit de legare la pămînt pe o parte.

Nu se consideră necesară tratarea altor probleme în cadrul exemplului de calcul.

#### *Sistemul de acționare*

1. Întrucît în stație s-au prevăzut întreruptoare pneumatice și există o instalație de producere a aerului comprimat, se aleg separatoare acționate cu aer comprimat (atît contactele principale, cît și cele de legare la pămînt, dar ultimele comandate numai local).

Trebuie să fie posibilă acționarea manuală în caz de necesitate.

2. Presiunea nominală a aerului comprimat va fi indicată de întreprinderea constructoare.

Limitele de variație admisibile : 85—110%.

3. Declanșatoarele de închidere și deschidere (electrovalvele) vor fi acționate în curent continuu la 220 V, tensiune necesară din cauza întinderii mari a stației.

Limitele de variație admisibile : 80—110%.

4. Durata executării unei manevre nu va depăși 3—4 s.

5. Blocajele operative necesare au fost indicate în temă. Ele vor fi realizate în cadrul blocului de comandă pneumatic al celei.

6. Contactele de semnalizare necesare au fost indicate în temă.

7. Semnalizarea poziției trebuie să se producă numai după ce contactele de înaltă tensiune au atins o poziție care permite suportarea în deplină siguranță a curentului nominal.

8. Încercarea izolației circuitelor secundare ale dispozitivului de acționare se va face cu tensiune de frecvență industrială, având valoare: eficace 1 500 V, timp de 1 min.

9. Contactele auxiliare vor putea suporta permanent un curent de 10 A. În cadrul circuitelor secundare, aceste contacte nu vor trebui să deconecteze curenți mai mari de 2 A la  $220 \pm 10\%$  V în circuit inductiv.

#### *Condițiile de întreținere și de exploatare*

Separatorul trebuie să poată efectua sub tensiune cel puțin 1 000 cicluri de manevră (închidere + deschidere), fără revizie sau reparație. Condițiile de întreținere și exploatare sînt indicate de furnizor în instrucțiunile de montaj și exploatare ale separatorului.

#### *Nivelul perturbațiilor radiofonice*

Nu se poate prescrie în prezent o valoare pentru nivelul acestor perturbații. Se vor cere indicații întreprinderii constructoare, urmărindu-se ca acest nivel să fie cît mai redus.

# **S e p a r a t o a r e** **(Breviar)**

Destinația separatorului	Stația (Centrala) Gradul de poluare al zonei Circuitul Separatorul Tipul și furnizorul	Stația de 220/110 kV, Gura Ialomiței II Celula linie 220 kV, Buc.-Sud Linie (cu 2 cuțite p.p.) STEP <sub>2</sub> — 220 kV — CIMA E				
Principiul constructiv sau montajul	Numărul de poli Tipul Greutatea kg	Rotativ 3 Exterior 1500 4500		In aer Monopolar		
Tipul						
Greutatea kg						
Caracteristici		U.M.		Observații		
Frecvența	Tensiunea maximă de serviciu Tensiunea de ținere la unda de șoc (1,2/50 μs) Tensiunea de ținere la frecvență industrială (50 Hz) Linia de fugă specifică	Valori				
		Necesare	Garantate			
Tensiunea maximă de serviciu		Hz	50	50	Conform CEI	
Nivelul de izolație		kV	245	245	Intre poli și pământ și între poli	
		kV max.	1050	1050	Distanță izolare	
		kV max.	1210	1210		
		kV ef.	460	460	Sub ploaie	
		kV ef.	620	620	Sub ploaie	
		cm/kV	2,0	2,1		

Curentul	Nominal în serviciu continuu Prezumat al circuitului în regim de suprasarcină	A	800 1200	1600 1600	Curent alternativ
Capacitatea de închidere		kA	—	—	
Capacitatea de rupere	Transformator în gol	A	—	—	
	LEA în gol	A	—	—	
	LEC în gol	A	—	—	
	Baterii condensatoare	A	—	—	
Curentul-limită termic (mediu echivalent de 1 s)		kA	27 (36,8)	63	
Curentul-limită dinamic		kA	77,8	80	
Efort la borne	Longitudinal	kg	100	150	
	Transversal	kg	—	—	
	Altitudinea	m	500	1000	
Condiții de utilizare	Temperatura	°C	+38	+40	
	Maximă absolută	°C	+31	+35	
	Maximă medie în 24 ore	°C	—28	—50	
	Minimă absolută	%	100	100	
Umiditatea relativă	Strat de gheață	g/cm <sup>2</sup>	1,9	2	
	Vântul	m/s	30	—	
	Presiunea	kgf/m <sup>2</sup>	70	72	
Dispozitive de acționare	Motor electric	V	—	—	
	Tensiunea	%	—	—	
	Limite tensiune Putere	kW	—	—	

## Continuare breviar separatoare

Declan- șatoare	Tensiunea Limite tensiune Putere		V % kW	220 80—110	220 80—110	220 80—110 0,1	Curent continuu
	Motor	Tensiunea Limite tensiune Putere					
Cu resort	Manual		V	—	—	—	La 1 ata, tripolar La 1 ata, tripolar
	Manual		%	—	—	—	
	Manual		kW	—	—	—	
Cu aer comprimat	Manual		Tip	—	—	—	La 1 ata, tripolar La 1 ata, tripolar
	Manual		Tip	—	—	—	
	Manual		at	—	—	—	
	Manual		I	—	—	—	La 1 ata, tripolar La 1 ata, tripolar
	Manual		I	—	—	—	

NOTA: Denumirea mărimilor caracteristice este conform STAS 5081-73.





MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Conductoare neizolate flexibile	PE 111-6/75																																
		Grupa 1 Electro-energetică																																
<div>C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Domeniul de aplicare . . .</td><td>333</td></tr><tr><td>2. Prescripții tehnice existente .</td><td>333</td></tr><tr><td>3. Materialul conductoarelor</td><td>334</td></tr><tr><td>4. Curentul maxim de durată .</td><td>334</td></tr><tr><td>5. Stabilitatea termică</td><td>337</td></tr><tr><td>6. Efectul corona .</td><td>338</td></tr><tr><td>7. Calculul mecanic . .</td><td>341</td></tr><tr><td>Anexa 1. Calculul mecanic . . . . .</td><td>347</td></tr><tr><td>Anexa 2. Ipoteze pentru dimensionarea construcțiilor de sus-ținere . . . . .</td><td>354</td></tr><tr><td>Anexa 3. Conductoare din oțel-aluminiu STAS 3000</td><td>357</td></tr><tr><td>Anexa 4. Module de elasticitate și coeficienți de dilatare liniară . . . . .</td><td>358</td></tr><tr><td>Anexa 5. Utilizarea mașinilor electronice pentru calculul mecanic . . . . .</td><td>358</td></tr><tr><td>Anexa 6. Calculul tensiunii de efect corona. Exemplu de calcul . . . . .</td><td>367</td></tr><tr><td>Anexa 7. Exemplu de calcul mecanic . . . . .</td><td>378</td></tr><tr><td>Anexa 8. Determinarea curentului admisibil de durată pentru conductoarele neizolate de tip funie din instalațiile exterioare . . . . .</td><td>390</td></tr></table>				Pag.	1. Domeniul de aplicare . . .	333	2. Prescripții tehnice existente .	333	3. Materialul conductoarelor	334	4. Curentul maxim de durată .	334	5. Stabilitatea termică	337	6. Efectul corona .	338	7. Calculul mecanic . .	341	Anexa 1. Calculul mecanic . . . . .	347	Anexa 2. Ipoteze pentru dimensionarea construcțiilor de sus-ținere . . . . .	354	Anexa 3. Conductoare din oțel-aluminiu STAS 3000	357	Anexa 4. Module de elasticitate și coeficienți de dilatare liniară . . . . .	358	Anexa 5. Utilizarea mașinilor electronice pentru calculul mecanic . . . . .	358	Anexa 6. Calculul tensiunii de efect corona. Exemplu de calcul . . . . .	367	Anexa 7. Exemplu de calcul mecanic . . . . .	378	Anexa 8. Determinarea curentului admisibil de durată pentru conductoarele neizolate de tip funie din instalațiile exterioare . . . . .	390
	Pag.																																	
1. Domeniul de aplicare . . .	333																																	
2. Prescripții tehnice existente .	333																																	
3. Materialul conductoarelor	334																																	
4. Curentul maxim de durată .	334																																	
5. Stabilitatea termică	337																																	
6. Efectul corona .	338																																	
7. Calculul mecanic . .	341																																	
Anexa 1. Calculul mecanic . . . . .	347																																	
Anexa 2. Ipoteze pentru dimensionarea construcțiilor de sus-ținere . . . . .	354																																	
Anexa 3. Conductoare din oțel-aluminiu STAS 3000	357																																	
Anexa 4. Module de elasticitate și coeficienți de dilatare liniară . . . . .	358																																	
Anexa 5. Utilizarea mașinilor electronice pentru calculul mecanic . . . . .	358																																	
Anexa 6. Calculul tensiunii de efect corona. Exemplu de calcul . . . . .	367																																	
Anexa 7. Exemplu de calcul mecanic . . . . .	378																																	
Anexa 8. Determinarea curentului admisibil de durată pentru conductoarele neizolate de tip funie din instalațiile exterioare . . . . .	390																																	
Aprobat prin ordinul M.E.E. nr. 579/2.08.75	Înlocuiește :	Data intrării în vigoare : 1 dec. 1975																																



## 1. DOMENIUL DE APLICARE

Prezentele instrucțiuni se aplică la dimensionarea sau la verificarea conductoarelor neizolate flexibile din stațiile de conexiuni și transformare, inclusiv din stațiile aferente centralelor electrice.

## 2. PRESCRIPTII TEHNICE EXISTENTE

### 2.1. Standarde

- STAS 3000-69 Linii aeriene de energie electrică.  
Conductoare de oțel-aluminiu neizolate.
- STAS 3734-71 Linii aeriene de energie electrică.  
Conductoare de oțel zincate.
- STAS 6489-67 Rețele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației. Niveluri de izolație și de protecție.

### ◆ 2.2. Prescripții, normative

- PE 101/77 — Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.
- PE 104/79 — Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică peste 1 000 V.
- I 7—78 — Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice interioare cu tensiuni pînă la 1 000 V.
- PE 109/74 — Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

### 3. MATERIALUL CONDUCTOARELOR

◆ **3.1.** Pentru conductoarele active se folosește de regulă funie din oțel-aluminiu, aluminiu sau din aliaje de aluminiu.

**3.2.** Pentru conductoarele de protecție se folosește de regulă funie de oțel.

**3.3.** Firele conductoarelor de oțel vor fi protejate împotriva coroziunii prin zincare la cald sau prin alt procedeu corespunzător.

◆ **3.4.** În zonele în care atmosfera prezintă o acțiune corosivă, de exemplu în apropierea industriilor chimice, metalurgice, siderurgice, miniere, textile, de construcții, pe malul mării etc. se vor folosi materiale care nu sînt atacate de agenții respectivi.

Această măsură nu este în general necesară, dacă între instalația energetică și sursa de contaminare a atmosferei este respectată distanța minimă de protecție indicată în Normativul PE 109.

De asemenea, măsura nu este necesară în instalațiile de interior dacă gradul de poluare a atmosferei în interior nu este dăunător.

În privința regiunilor de pe malul mării sau din apropierea lacurilor saline, în lipsa unor date experimentale care să precizeze zona poluată, se va considera ca zonă dăunătoare o zonă de 5 km lățime pe malul mării sau al lacurilor saline.

Încadrarea zonelor de poluare se va face în conformitate cu normativul PE 109.

### 4. CURENTUL MAXIM DE DURATĂ

**4.1.** Temperatura maximă de regim a conductoarelor nu trebuie să depășească de regulă  $+70^{\circ}\text{C}$ .

Temperaturi mai mari de  $+70^{\circ}\text{C}$  pot fi admise în cazuri excepționale, bine justificate, adoptîndu-se măsuri speciale de protejare a contactelor.

**4.2.** Temperatura maximă a aerului în exterior se determină pe baza datelor climatice statistice ale regiunii de amplasare. Se ia în considerare temperatura maximă absolută care apare cel puțin o dată la 10 ani pentru instalațiile cu tensiunea nominală pînă la 110 kV inclusiv și cel puțin o dată la 15 ani pentru instalațiile cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV.

Dacă pentru instalațiile din România nu se cunosc datele climatice statistice ale regiunii de amplasare, se pot adopta următoarele date-limită :

- altitudini pînă la 700 m : +40°C ;
- altitudini peste 700 m : +30°C.

Temperatura maximă a aerului în interior se determină de la caz la caz.

◆ **4.3.** Curenții de durată admisibili în instalații exterioare la temperatura conductorului de +70°C și la temperaturi maxime ale aerului de +30°C, sînt indicați în tabelul 1. Valorile indicate sînt valabile pînă la altitudinea de 1 000 m.

◆ Tabelul 1

**Conductoare de oțel-aluminiu de construcție normală 1/6  
(STAS 3000-69)**

Sarcini de durată admisibile la temperatura maximă a conductorului de +70°C

Secțiunea nominală, mm <sup>2</sup>	Curentul de durată admisibil la diverse temperaturi ale aerului, A	
	+30°C	+40°C
50/8	205	175
70/12	260	225
95/15	315	270
120/21	360	310
150/25	420	360
185/32	485	420
240/40	575	495
300/50	665	575
450/75	870	750
680/85	1100	950

NOTA: Sarcinile admisibile indicate mai sus sînt valabile în exterior. Pentru interior ele trebuie multiplicat cu coeficientul 0,85.

Dacă se cunoaște curentul de durată admisibil  $I_d$  la temperatura  $\theta_c$  a conductorului și la temperatura  $\theta_a$  a aerului înconjurător, se poate deduce curentul admisibil  $I_d$  la temperatura  $\theta_c$  a conductorului și la temperatura  $\theta_a$  a aerului prin relația :

$$I_d = I_d' \sqrt{\frac{\theta_c - \theta_a}{\theta_c - \theta_a'}}$$

Pentru altitudini mai mari decît 1 000 m, valorile din tabele trebuie înmulțite cu coeficientul de corecție :

$$\frac{10\,000}{9\,000 + H}'$$

unde H este altitudinea (m).

◆ 4.4. Curenții de durată admisibili în instalațiile interioare rezultă din cei admisibili în instalațiile exterioare, prin înmulțire cu coeficientul 0,85.

În cazurile în care condițiile de răcire sînt deosebit de defavorabile, se vor aplica coeficienți de corecție mai mici, determinați de la caz la caz.

4.5. Secțiunea conductorului trebuie astfel aleasă, încît să fie îndeplinită condiția :

$$I_{md} \leq I_d$$

unde :

$I_{md}$  este curentul maxim de durată al circuitului ;

$I_d$  — curentul de durată admisibil al conductorului la temperatura maximă a aerului înconjurător.

În cazurile în care curentul maxim de durată al circuitului nu coincide în timp cu temperatura maximă a aerului înconjurător, se poate ține seama de acest fapt, alegîndu-se o secțiune mai mică decît ar rezulta pe baza condiției de mai sus.

4.6. În cazul conductoarelor fasciculare, se presupune o repartiție egală a curentului între conductoarele fasciculului.

## 5. STABILITATEA TERMICĂ

5.1. Pentru calculul stabilității termice este determinant curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat, precum și punctul de defect, care conduc la sollicitatea termică maximă.

◆ 5.2. Curentul mediu echivalent  $I_m$  al scurtcircuitului se determină conform instrucțiunilor PE 103.

5.3. În cazul conductoarelor fasciculare se presupune o repartitie egală a curentului de scurtcircuit între conductoarele fasciculului.

5.4. Temperatura maximă admisibilă  $\theta_{sc}$  a conductorului la sfârșitul scurtcircuitului este următoarea :

a) Conductoarele funie supuse unei tensiuni  $< 1 \text{ kgf/mm}^2$  :

Al	180°C ;
Cu	200°C ;
OL	200°C.

b) Conductoare funie supuse unei tensiuni  $\geq 1 \text{ kgf/mm}^2$  :

OL-Al	160°C ;
Aldrey	160°C ;
Al	130°C ;
Cu	170°C ;
OL	200°C.

5.5. Temperatura inițială  $\theta_c$  a conductorului (la începutul scurtcircuitului) se poate considera în general de +70°C.

O determinare mai exactă se poate face cu relația :

$$\theta_c = \theta_a + (70 - \theta_a) \frac{I^2}{I_d^2} \quad (^\circ\text{C})$$

unde :

$\theta_a$  este temperatura aerului, °C ;

$I$  — curentul de durată real, înaintea scurtcircuitului, A ;

$I_d$  — curentul de durată admisibil (A) la temperatura  $\theta_a$  a aerului, °C.

◆ 5.6. Densitatea de curent  $j_t$  admisibilă la scurtcircuit se determină conform instrucțiunilor din normativul PE 103 în funcție de materialul conductorului, de temperatura sa inițială  $\theta_c$  și de temperatura maximă admisibilă  $\theta_{sc}$  la sfârșitul scurtcircuitului.

La conductoarele de oțel-aluminiu, valoarea  $j_t$  se referă la partea de aluminiu.

5.7. Conductorul este stabil termic, dacă este îndeplinită condiția :

$$s \geq \frac{I_m}{j_t}$$

unde :

$s$  este secțiunea conductorului,  $\text{mm}^2$  ;

$I_m$  — curentul echivalent al scurtcircuitului, A ;

$j_t$  — densitatea de curent admisibilă la scurtcircuit,  $\text{A/mm}^2$ .

La conductoarele de oțel-aluminiu, secțiunea  $s$  se referă la partea de aluminiu.

5.8. Nu se dimensionează la stabilitate termică în caz de scurtcircuit conductoarele de racord la transformatoare de tensiune, condensatoare de cuplare și descărcătoare.

Pentru conductoarele de racord la descărcătoare, se vor respecta indicațiile cuprinse în instrucțiunile de proiectare corespunzătoare.

## 6. EFECTUL CORONA

6.1. Acest criteriu se ia în considerare în cazul tensiunilor nominale de 60 kV sau mai mari.

6.2. Conductoarele trebuie astfel dimensionate, încît valoarea cîmpului electric la suprafața lor, cînd tensiunea de funcționare a rețelei are valoarea maximă de durată  $U_m$ , să îndeplinească condiția :

$$E_m \leq E_{cor}$$



unde :

$$E_{\text{cor}} = 19,3 \left( 1 + \frac{0,299}{\sqrt{r}} \right) \cdot m \text{ (kV/cm, valoare eficace) ;}$$

$E_m$  — cimpul electric maxim la suprafața conductorului (kV/cm, valoare eficace) ;

$r$  — raza conductorului, cm ;

$m \cong 0,82$  (un coeficient referitor la suprafața conductorului).

Valoarea  $E_{\text{cor}}$  indicată mai sus este valabilă până la altitudinea de 1 000 m.

6.3. Valoarea cimpului electric maxim  $E_m$  la suprafața conductoarelor poate fi determinată exact prin metoda lui Maxwell, ținând seama de imaginile electrice ale conductoarelor în raport cu suprafața solului.

Pentru sistemele trifazate se poate folosi de asemenea relația aproximativă de mai jos, în care se neglijează influența pământului și a celorlalte conductoare din apropiere (în afară de conductoarele celor trei faze) :

a. În cazul unui singur conductor pe fază :

$$E_m = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3 r \log_{10} \frac{a}{r}} \text{ (kV/cm, valoare eficace)}$$

unde :

$U_m$  este tensiunea maximă de funcționare a rețelei între faze, kV ;

$r$  — raza conductorului (cm) ;

$a = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}$  (media geometrică a distanțelor între axele conductoarelor, în cm) ;

$a_{12}$  — distanța între axele conductoarelor 1 și 2 etc., cm.

b. În cazul conductoarelor fasciculare:

$$E_m = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3 n \log_{10} \frac{a}{R'}} \cdot \left[ \frac{1}{r} + \frac{(n-1) \sin \frac{\pi}{n}}{a'} \right] \quad (\text{kV/cm, valoare eficace})$$

unde :

$U_m$  este tensiunea maximă de funcționare a rețelei, între faze, kV ;

$r$  — raza conductoarelor, cm ;

$a = \sqrt[n]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}$  (media geometrică a distanțelor între axele fasciculelor, cm)

$a_{12}$  = distanța între axele fasciculelor 1 și 2 etc., cm ;

$n$  — numărul de conductoare ale unui fascicul ;

$a'$  — distanța dintre două conductoare alăturate (fig. 1) ale unui fascicul, cm ;

$R' = R \sqrt{\frac{nr}{R}}$  (raza echivalentă a unui fascicul de conductoare, cm)

$R$  — raza reală (fig. 1) a unui fascicul de conductoare, cm.

Influența pământului nu se poate neglija în cazurile în care calculele, neținând seama de această influență, conduc la valori de câmp foarte apropiate de  $E_{cor}$ .

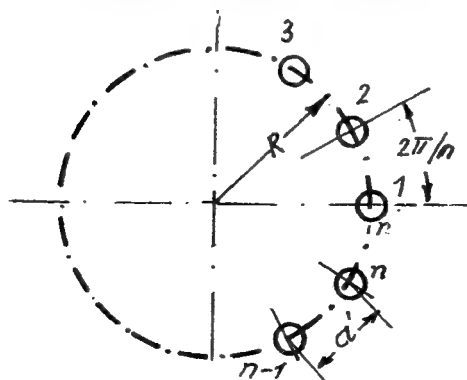


Fig. 1. Dispoziția unui fascicul de conductoare.

## 7. CALCULUL MECANIC

**7.1.** La efectuarea calculului mecanic al conductoarelor flexibile, se iau în considerare următoarele sarcini :

— greutatea proprie a conductorului, a izolatoarelor, armăturilor, clemelor, legăturilor la aparate, pieselor de distanță (în cazul conductoarelor fasciculare) etc. ;

— greutatea depunerilor de chiciură (inclusiv zăpadă, polei etc.) pe elementele de mai sus ;

— sarcina dată de vînt pe elementele de mai sus ;

— forțele electrodinamice la scurtcircuit.

**7.1.1.** Greutatea proprie  $g$  a conductorului se consideră ca o sarcină distribuită uniform.

Greutatea lanțurilor de izolatoare, inclusiv a armăturilor și a clemelor aferente, poate fi considerată ca o sarcină distribuită uniform.

Greutățile legăturilor la aparate și a clemelor de derivație se consideră ca sarcini concentrate.

**7.1.2.** Greutatea  $g'_c$  a depunerilor de chiciură, în măsura în care nu este cunoscută ca dată statistică, se determină cu relațiile :

a. Pe conductoarele orizontale :

$$g'_c = \left[ \frac{\pi(d + 2d')^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right] \cdot \frac{\gamma_c}{10} = \pi d' (d + d') \cdot \gamma_c 10^{-1} \quad (\text{daN/m})$$

unde :

$d$  este diametrul conductorului, cm ;

$d'$  — grosimea stratului de chiciură, cm ;

$\gamma_c = 0,75 \text{ daN/dm}^3$  (greutatea specifică a chiciurii).

Pe conductoarele verticale, greutatea depunerilor de chiciură se va considera egală cu 50% din cea determinată cu relația de mai sus pentru conductoarele orizontale cu același diametru.

b. Pe lanțurile de izolatoare formate din elemente cu capă și tijă :

$$g'_c = 1,5 \left[ \frac{\pi(D+2d')^2}{4} - \frac{\pi D^2}{4} \right] \cdot \frac{\gamma_c}{10} = 1,5 \pi d'(D+d') \gamma_c 10^{-1} \quad (\text{daN/m})$$

unde :

D este diametrul umbrelei izlatorului, cm.

Coefficientul 1,5 ține seama de forma neregulată a suprafeței izlatorului.

c. În cazul izolatoarelor de tip tijă se folosește relația indicată pentru conductoarele orizontale, în care d este diametrul izlatorului.

d. Pe alte elemente (cleme, armături etc.) se calculează greutatea corespunzătoare a stratului de chiciură.

**7.1.3.** Sarcina orizontală dată de vînt se determină cu relațiile aproximative :

a. Pentru conductoare :

— Fără chiciură :

$$p = k \cdot \frac{d}{100} \cdot \frac{v^2}{16} \quad (\text{daN/m})$$

— Cu chiciură :

$$p_c = k \cdot \frac{d+2d'}{100} \cdot \frac{v^2}{16} \quad (\text{daN/m})$$

unde :

d este diametrul conductorului, cm ;

d' — grosimea stratului de chiciură, cm ;

v — viteza vîntului, m/s ;

k — un coeficient aerodinamic, avînd următoarele valori :

k = 1,1 pentru conductoare active și de protecție cu diametrul de 2 cm sau mai mare, fără chiciură ;

k = 1,2 pentru conductoare active și de protecție cu diametrul mai mic de 2 cm, fără chiciură, precum și pentru conductoarele de orice diametru acoperite cu chiciură.

În cazul conductoarelor fasciculare cu sau fără chiciură, sarcina orizontală determinată cu relațiile de mai sus este valabilă pentru un singur conductor al fazei, iar pentru celelalte conductoare ale fazei ea trebuie redusă cu 50%.

b. Pentru lanțurile de izolatoare formate din elemente cu capă și tijă :

— Fără chiciură :

$$p = k \cdot \frac{D}{100} \cdot \frac{v^2}{16} \quad (\text{daN/m})$$

— Cu chiciură:

$$p_c = k \cdot \frac{D + 2 d'}{100} \cdot \frac{v^2}{16} \quad (\text{daN/m})$$

unde:

D este diametrul umbrelei izolatorului, cm;

d' — grosimea stratului de chiciură, cm;

v — viteza vîntului, m/s;

k = 0,7 (coeficient aerodinamic).

c. În cazul izolatoarelor de tip tijă, se folosește relația indicată pentru conductoare, în care d este diametrul izolatorului, iar k = 0,7.

d. Pentru alte elemente (cleme, armături etc.) :

$$P = k \cdot S \cdot \frac{v^2}{16} \quad (\text{daN})$$

unde :

S este suprafața expusă vîntului — cu sau fără chiciură — în proiecție pe un plan vertical, m<sup>2</sup> ;

k = 1,2 (coeficient aerodinamic).

**7.1.4. Forțele electrodinamice la scurtcircuit, perpendiculare pe direcția conductoarelor, se determină astfel :**

a. Între faze (în ipoteza că cele trei faze se găsesc în același plan la distanțe egale) :

$$q = 2,04 \frac{(\tilde{I}_{k_2})^2}{a} \cdot 10^{-2} \quad (\text{daN/m})$$

unde :

$I_{k_2}'$  este valoarea eficace inițială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit bifazat, kA ;

a — distanța între axele fazelor, m.

Relația de mai sus este valabilă în cazul unui scurtcircuit bifazat.

În cazul unui scurtcircuit trifazat sînt solicitate numai fazele extreme. Forțele corespunzătoare sînt egale cu cele produse în cazul unui scurtcircuit bifazat între două faze alăturate dacă se admite relația aproximativă:

$$I_{k_3}' = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{k_2}'$$

unde :

$I_{k_3}'$  reprezintă valoarea eficace inițială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit trifazat.

Calculul de mai sus ține seama numai de componenta continuă a forțelor electrodinamice de scurtcircuit, considerîndu-se că efectul componentelor alternative este practic nul, din cauza inerției conductoarelor.

În concluzie, indiferent de natura scurtcircuitului (bifazat sau trifazat), sînt solicitate numai două faze, iar forțele electrodinamice corespunzătoare sînt practic egale.

Se va considera că sînt afectate acele faze care solicită mai mult construcțiile de susținere.

b. În cazul conductoarelor fasciculate, în afara efortului determinat cu relația de mai sus, este necesară calcularea efortului suplimentar de șoc datorat forțelor electrodinamice între conductoarele fasciculului.

Calculule se execută separat.

◆ **7.2.** Pentru calculul mecanic se vor folosi datele meteorologice statistice ale regiunii de amplasare, considerîndu-se cele mai defavorabile situații care se observă, cu următoarele frecvențe :

— cel puțin o dată la 10 ani pentru instalații cu tensiunea nominală până la 110 kV, inclusiv;

— cel puțin o dată la 15 ani pentru instalații cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV.

Se consideră ca date statistice următoarele :

— temperatura maximă absolută  $\theta_a$  (necesară pentru calculul electric);

— temperatura minimă absolută a aerului  $\theta_{min.}$ ;

— viteza maximă a vîntului  $v_{max.}$ ;

— viteza  $v_c$  a vîntului cînd conductoarele sînt acoperite cu chiciură;

— greutatea depunerilor de chiciură  $g_c$ .

Temperatura de formare a chiciurii și cea la care viteza vîntului este maximă se consideră întotdeauna de  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Dacă nu se cunosc datele meteorologice statistice ale regiunii de amplasare, ele vor fi apreciate de la caz la caz, pe baza unei documentații justificative.

Datele adoptate nu vor fi mai mici decît cele indicate în cap. 3 și anexa 1 (harta zonelor meteorologice din România) din normativul PE 101.

**7.3. Calculul se execută pentru stările indicate în tabelul 2.**

În cazul conductoarelor fasciculare, în afara stărilor indicate în tabelul 2, este necesară în plus o verificare privitoare la eforturile suplimentare datorate forțelor electrodinamice produse între conductoarele aceleiași faze (pct. 7.6.).

**7.4. Condițiile pe baza cărora se întocmește calculul mecanic sînt următoarele :**

a. Rezistențele în conductor și în armături la stările I, II, III și IV nu trebuie să depășească 1/4 din rezistența de rupere. În cazul conductoarelor neomogene, condiția se aplică fiecăruia dintre elementele componente în parte.

Eforturile în izolatoarele de suspensie la stările I, II, III și IV nu trebuie să depășească 1/4 din sarcina de încercare sub tensiune electrică. Pentru izolatoarele la care nu este definită sarcina de încercare sub tensiune electrică; se va stabili de la caz la caz sarcina corespunzătoare.

Rezistențele în conductor și eforturile în izolatoarele de suspensie la starea V nu vor depăși de două ori valoarea

Tabelul 2

## Stările de calcul

Felul instalației	Starea	Temperatura	Viteza vântului	Chiciura	Scurtcircuit între faze
De exterior	I	0 min.	—	—	—
	II	-5°C	v max.	—	—
	III	-5°C	v <sub>c</sub>	da	—
	IV	+70°C	—	—	—
	V	-5°C	v <sub>c</sub>	da	maxim
	VI *	+15°C	0,6 v max.	—	—
De interior	I	0 min.	—	—	—
	II	+70°C	—	—	—
	V'	-5°C	—	—	maxim

\* Starea VI servește la determinarea distanțelor necesare între conductoare și între acestea și părțile legate la pământ în cazul balansului provocat de vânt.

admisibilă la celelalte stări. În cazul conductoarelor neomogene, condiția se aplică fiecăruia dintre elementele componente în parte.

b. Săgeata conductorului trebuie să fie suficient de redusă, pentru ca balansul la vânt sau la scurtcircuit să nu impună distanțe neeconomice între faze.

În cazurile obișnuite săgeata conductorului la stările I—IV nu depășește 6% din deschidere.

În cazul separatoarelor monocoloană (de exemplu al separatoarelor pantograf), poate fi necesară o săgeată mai mică decât valorile uzuale, în vederea reducerii deplasării laterale a conductoarelor la vânt.

7.5. Nu a fost elaborată încă o metodă suficient de exactă și de practică pentru calculul mecanic al conductoarelor flexibile din stațiile de conexiuni și transformare, care să țină seama de prezența lanțurilor de izolatoare și a legăturilor la aparate.

Metodele cunoscute pînă în prezent sînt indicate în bibliografie. Dezavantajul lor principal constă în faptul că se negli-



jează fenomenele dinamice tranzitorii care se produc din cauza vîntului și a forțelor electrodinamice între faze datorită scurt-circuitului, fapt care poate conduce la erori importante.

În această direcție sînt în curs cercetări în diverse țări industriale, dar în nici o țară nu a fost încă standardizată sau recomandată oficial o metodă de calcul.

În anexa 5 la prezentele instrucțiuni este descrisă informativ o metodă de calcul utilizată la noi în țară.

Institutul de Studii și Proiectări Energetice dispune de un program corespunzător pentru calculatorul electronic.

Se recomandă folosirea lui.

**7.6.** Pentru determinarea eforturilor tranzitorii suplimentare care apar în primul moment al producerii unui scurt-circuit în cazul conductoarelor fasciculare, au fost elaborate de asemenea unele metode de calcul aproximativ, menționate în bibliografie.

Rezultatele calculelor efectuate cu aceste metode nu concordă în suficientă măsură cu rezultatele experimentale.

Sînt în curs cercetări pentru elaborarea unor metode de calcul mai exacte.

Din aceste motive în prezentele instrucțiuni nu se poate prescrie o anumită metodă de calcul.

Se menționează faptul că, indiferent de metoda de calcul adoptată, se acceptă ipoteza că apropierea conductoarelor încărcate cu chiciură, ca urmare a eforturilor electrodinamice, se face cel mult pînă la atingerea straturilor de chiciură.

Institutul de Studii și Proiectări Energetice dispune de o metodă de calcul pentru conductoarele fasciculare.

Se recomandă folosirea ei.

*Anexa 1*

### **Calculul mecanic**

1. Se împarte deschiderea în intervale omogene, numerotate de la 1 la  $n$  (în cazul figurii 2 există cinci intervale).

Fiecare lanț de izolatoare constituie un interval. De asemenea, formează cite un interval fiecare porțiune de conductor cuprinsă între două legături la aparate sau între un lanț de izolatoare și o legătură la un aparat.

În fiecare interval sarcina uniform distribuită este constantă și nu pot exista sarcini concentrate decât la capetele intervalelor.

Sarcinile concentrate poartă același număr ca și intervalul din stînga lor.

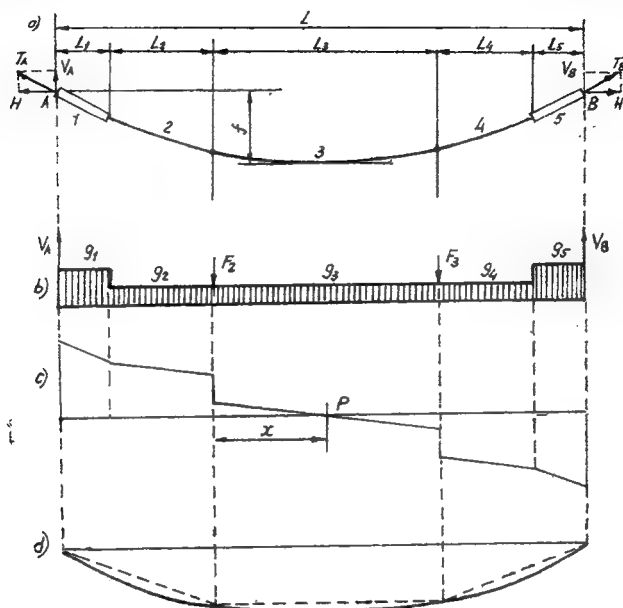


Fig. 2. Definirea elementelor de calcul la conductoarele flexibile :

a — conductorul și intervalele; b — încărcările; c — forțele tăietoare pentru grinda echivalentă; d — momentele de încovoiere pentru grinda echivalentă.

2. Se determină sarcinile uniform distribuite pentru fiecare interval, precum și sarcinile concentrate (fig. 2, b), folosindu-se în acest scop relațiile indicate în prezentele instrucțiuni la pct. 7.

Calculul se întocmesc separat pentru fiecare dintre stările indicate în tabelul 2.

În cazul stărilor la care există atât sarcini verticale  $g_v$ , cit și sarcini orizontale  $g_h$ , ele se adună geometric, conform relației :

$$g = \sqrt{g_v^2 + g_h^2}$$

Se determină astfel sarcina uniform distribuită pentru fiecare interval.

Sarcinile concentrate verticale și orizontale se adună în același mod.

3. Sarcina totală a fiecărui interval se determină cu relația :

$$G_i = L_i \cdot g_i$$

unde :

$G_i$  este sarcina totală a intervalului  $i$ , daN ;

$g_i$  — sarcina uniform distribuită pe intervalul  $i$ , daN/m ;

$L_i$  — lungimea intervalului  $i$ , m.

4. Reacțiunile  $V_A$  și  $V_B$  rezultă din ecuații de momente :

$$V_A = \frac{1}{L} \left[ \sum_{i=1}^n M_i + \sum_{j=1}^{n-1} M'_j \right] \quad (\text{daN})$$

unde :

$L$  este lungimea totală a deschiderii, m ;

$M_i$  — momentul sarcinii totale  $G_i$  a intervalului  $i$  față de punctul B (daN·m) ; se consideră că sarcina  $G_i$  se aplică în mijlocul intervalului ;

$M'_j$  — momentul sarcinii concentrate  $F_j$  față de punctul B, daN·m.

Pentru  $V_B$  se folosește o relație similară, considerînd momentele față de punctul A.

5. La capetele fiecărui interval se determină forțele tăietoare care ar apărea în cazul unei grinzi rigide. Se notează cu  $V_{1s}$  forța tăietoare la stînga intervalului  $i$  și cu  $V_{1d}$  forța tăietoare la dreapta acestui interval.

$$V_{1s} = V_A$$

$$V_{1d} = V_A - G_1$$

$$V_{2s} = V_{1d} - F_1$$

$$V_{2d} = V_{2s} - G_2$$

$$V_{ns} = V_{n-1, d} - F_{n-1}$$

$$V_{nd} = V_{ns} - G_n = -V_B$$

6. Săgeata este maximă în punctul în care se anulează forța tăietoare.

a. Dacă forța tăietoare schimbă semnul în dreptul unei sarcini concentrate, săgeata este maximă în acel punct P.

b. Dacă forța tăietoare are semne contrare la capetele unui interval  $k$ , ea se anulează în interiorul acelui interval într-un punct P, la o distanță  $x$  de capătul din stînga al intervalului :

$$x = \frac{V_{ks}}{g_k} \quad (\text{m})$$

unde :

$V_{ks}$  este forța tăietoare la stînga intervalului  $k$ , daN;

$g_k$  — sarcina uniform distribuită în intervalul respectiv, daN/m.

7. Se calculează momentul față de punctul P al tuturor forțelor situate la stînga acestui punct. Acest moment este maxim :

$$M_{\max.} = M_{AP} - \sum M_{GP} - \sum M_{FP} \quad (\text{daN} \cdot \text{m})$$

unde :

$M_{AP}$  este momentul reacțiunii  $V_A$  față de punctul P, daN·m.

$\sum M_{GP}$  — suma momentelor față de punctul P ale tuturor sarcinilor uniform distribuite situate la stînga acestui punct, daN·m ;

$\sum M_{FP}$  — suma momentelor față de punctul P ale tuturor sarcinilor concentrate situate la stînga acestui punct, daN·m ;

8. Între componenta orizontală H a tracțiunii în conductor (daN), săgeata maximă  $f(m)$  și momentul maxim  $M_{\max.}$  (daN·m) există relația :

$$M_{\max.} = Hf$$

Componenta orizontală H a tracțiunii în conductor este constantă în toată deschiderea.

9. Tracțiunea în conductor este maximă la capete și are valorile  $T_A$  și  $T_B$  :

$$T_A = \sqrt{H^2 + V_A^2}$$

$$T_B = \sqrt{H^2 + V_B^2}$$

Valorile  $T_A$  și  $T_B$  diferă relativ puțin de componenta H, astfel încît în general ele nu se mai calculează, considerîndu-se că tracțiunea în conductor este practic egală cu componenta H.

10. Pentru fiecare punct de separare între două intervale se determină o sarcină concentrată fictivă cu relația :

$$F'_i = F_i + \frac{1}{2} G_i + \frac{1}{2} G_{i+1}$$

unde :

$F_i$  este sarcina concentrată fictivă, în punctul  $i$  (la dreapta intervalului  $i$ ), daN;

$G_i$  — sarcina totală a intervalului  $i$ , daN;

$G_{i+1}$  — sarcina totală a intervalului  $i+1$ , daN.

Rezultă, de asemenea, reacțiunile fictive  $V'_A$  și  $V'_B$ :

$$V'_A = V_A - \frac{1}{2} G_1 \quad (\text{daN})$$

$$V'_B = V_B - \frac{1}{2} G_n \quad (\text{daN})$$

11. Se determină momentul  $M_i$  față de fiecare punct de separație  $i$  dintre intervale, al tuturor sarcinilor concentrate fictive situate la stînga:

$$M_i = M'_{Ai} - \sum M_{Fi} \quad (\text{daNm})$$

unde:

$M_i$  este momentul în dreptul punctului  $i$ , adică la capătul din dreapta al intervalului  $i$ , daN·m;

$M'_{Ai}$  — momentul reacțiunii fictive  $V'_A$  față de punctul  $i$ , daN·m;

$\sum M_{Fi}$  — suma momentelor față de punctul  $i$  al tuturor sarcinilor concentrate fictive situate la stînga acestui punct, daN·m.

Este evident că momentele în punctele A și B sînt nule.

12. Cu ajutorul mărimilor determinate anterior se calculează cantitatea  $\Omega$ , pe baza relațiilor:

$$\Omega = \Omega' + \Omega'' \quad (\text{daN}^2\text{m})$$

$$\Omega' = \sum_1^{n-1} F'_i \cdot M_i \quad (\text{daN}^2\text{m})$$

$$\Omega'' = \sum_1^n \frac{G_i^2 L_i}{12} \quad (\text{daN}^2\text{m})$$

13. Toate calculele de mai sus se întocmesc separat pentru fiecare dintre stările indicate în tabelul 2.

14. Cînd se cunoaște rezistența  $\sigma_1$  (daN/mm<sup>2</sup>) în conductor la o anumită stare 1, se poate deduce rezistența  $\sigma_2$  (daN/mm<sup>2</sup>) la o altă stare 2, cu ajutorul ecuației de stare:

$$\sigma_2^3 + \left[ \frac{E\Omega_1}{2 s^2 L \sigma_1^2} + E\alpha(\theta_2 - \theta_1) - \sigma_1 \right] \sigma_2^2 = \frac{E\Omega_2}{2 s^2 L}$$

unde :

- $E$  este modulul de elasticitate al conductorului,  $\text{daN/mm}^2$  ;  
 $\alpha$  — coeficientul de dilatare termică al conductorului,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  ;  
 $s$  — secțiunea conductorului,  $\text{mm}^2$  ;  
 $L$  — lungimea totală a deschiderii,  $\text{m}$  ;  
 $\theta_1$  — temperatura conductorului la starea 1,  $^{\circ}\text{C}$  ;  
 $\theta_2$  — temperatura conductorului la starea 2,  $^{\circ}\text{C}$ .

În cazul conductoarelor neomogene (de exemplu al celor de oțel-aluminiu), în relația de mai sus se introduc modulul de elasticitate echivalent și coeficientul de dilatare termică echivalent :

$$E = \frac{aE_1 + E_2}{a + 1}$$

$$\alpha = \frac{a E_1 \alpha_1 + E_2 \alpha_2}{a E_1 + E_2}$$

unde :

- $E$  este modul de elasticitate echivalent,  $\text{daN/mm}^2$  ;  
 $E_1$  — modulul de elasticitate al elementului 1 al secțiunii compuse (de exemplu al oțelului)  $\text{daN/mm}^2$  ;  
 $E_2$  — modulul de elasticitate al elementului 2 al secțiunii compuse (de exemplu al aluminiului),  $\text{daN/mm}^2$  ;  
 $\alpha$  — coeficientul de dilatare termică echivalent,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  ;  
 $\alpha_1$  — coeficientul de dilatare termică al elementului 1,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  ;  
 $\alpha_2$  — coeficientul de dilatare termică al elementului 2,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  ;  
 $a = \frac{s_1}{s_2}$  (raportul secțiunilor elementelor componente).

De asemenea, în cazul conductoarelor neomogene, mărimea  $s$  din ecuația de stare reprezintă secțiunea totală a conductorului ( $s_1 + s_2$ ), iar rezistența  $\sigma$  reprezintă raportul între tracțiunea în conductor și secțiunea totală  $s$ .

15. Calculul mecanic al conductoarelor se poate realiza în două variante :

a. Cu tracțiunea maximă în conductor, astfel încât rezistența admisibilă să fie efectiv la una dintre stări, fără a fi depășită la celelalte.

Starea la care rezistența admisibilă este atinsă efectiv nu poate fi precizată dinainte. Se procedează în general prin încercări, presupunând că rezistența admisibilă este atinsă la o anumită stare și determinându-se rezistențele care rezultă la celelalte stări cu ajutorul relației indicate la pct. 14.

Dacă se constată că la o anumită stare rezistența admisibilă este depășită, înseamnă că presupunerea inițială este greșită și încercările trebuie reluate.

După obținerea soluțiilor finale, se determină pentru toate stările tracțiunile în conductor cu relația:

$$H = \sigma : s$$

și apoi săgețile corespunzătoare cu relația indicată la pct. 8.

În cazul conductoarelor neomogene, rezistența admisibilă  $\sigma_a$  este cea mai mică dintre valorile  $\sigma'_a$  și  $\sigma''_a$  determinate astfel :

$$\sigma'_a = \frac{E}{E_1} \sigma_{a1} \quad (\text{daN/mm}^2)$$

$$\sigma''_a = \frac{E}{E_2} \sigma_{a2} \quad (\text{daN/mm}^2)$$

unde :

$\sigma_{a1}$  este rezistența admisibilă a elementului 1 al secțiunii compuse, daN/mm<sup>2</sup>;

$\sigma_{a2}$  — rezistența admisibilă a elementului 2 al secțiunii compuse, daN/mm<sup>2</sup>.

b. Cu săgeata maximă admisă, care trebuie să fie efectiv atinsă la una dintre stări, fără a fi depășită la celelalte.

Starea la care săgeata admisă este atinsă efectiv nu poate fi precizată dinainte. Se procedează în general tot prin încercări, utilizându-se aceleași relații ca mai sus.

16. Pentru dimensionarea construcțiilor de susținere este în general necesară indicarea pentru stările I—V a următoarelor valori :

a. Tracțiunea  $H$  în conductor, care se determină conform metodei expuse mai sus.

b. Reacțiunea verticală în punctul de suspensie a conductorului:

— la stările I, II și IV ea este egală cu valoarea  $V_A$  (respectiv  $V_B$ ) corespunzătoare stării I ;

— la stările III și V ea poate fi considerată aproximativ egală cu valoarea  $V_A$  (respectiv  $V_B$ ) corespunzătoare stării III ;

— reacțiunea orizontală în punctul de suspensie a conductorului, datorită vântului și eforturilor electrodinamice la scurtcircuit, la stările II, III și V.

Ea poate fi determinată aproximativ cu relația:

$$W = \frac{g_h}{\sqrt{g_h^2 + g_v^2}} \cdot V$$

unde :

- W reprezintă reacțiunea orizontală, daN;  
 V — reacțiunea  $V_A$  sau  $V_B$  la starea respectivă, daN;  
 $g_v$  — sarcina verticală uniform distribuită pe conductor, daN/m;  
 $g_h$  — sarcina orizontală uniform distribuită pe conductor, daN/m.

Anexa 2

### Ipoteze pentru dimensionarea construcțiilor de susținere

1. Ca sarcini fundamentale se consideră forțele datorate greutateilor proprii ale elementelor instalației, considerate la starea I. Fiecare construcție de susținere se dimensionează la rezultanta forțelor care acționează asupra ei.

Pot apărea situații defavorabile la instalațiile care nu se echipează de la început în întregime, ca urmare a solicitărilor dezechilibrate. Evitarea acestor situații se poate face prin conductoare provizorii de echilibrare, ancorări provizorii etc.

Se indică următoarele săgeți maxime de calcul adoptate uzual în cazul sarcinilor fundamentale, din punctul de vedere al efectelor asupra condițiilor de întindere a conductoarelor:

- rigle : 1/150 din deschidere ;
- stâlpi : 1/50 din înălțime.

2. Sarcinile accidentale sînt forțele datorate vîntului și chiciurii și cele datorate dezechilibrelor care apar pentru scurt timp la montare.

a) Forțele datorate vîntului și chiciurii corespund stărilor II și III. Fiecare construcție de susținere se dimensionează la rezultanta forțelor care acționează asupra ei, separat pentru cele două stări.

b) Pentru determinarea dezechilibrelor la montare, se consideră în mod convențional că forțele exercitate de conductoare corespund stării I. Dezechilibrele la montare pot fi reduse prin adoptarea unei anumite succesiuni de instalare a conductoarelor.

Dacă dimensionarea construcțiilor de susținere se face într-o astfel de ipoteză, ea trebuie menționată în proiect, atrăgîndu-se atenția executantului prin indicații cît mai vizibile în memoriu și pe planuri.

În cazul sarcinilor accidentale, se adoptă de obicei aceleași săgeți maxime de calcul ca în cazul sarcinilor fundamentale.

3. Sarcini extraordinare sînt considerate cele care apar la ruperea conductoarelor, precum și în cazul scurtcircuitelor.

a) Se admite că ruperea conductoarelor se produce în cazul stării III, considerîndu-se că într-o stație de o anumită tensiune se rupe un singur conductor (respectiv un singur fascicul, în cazul conductoarelor fasciculare), într-un singur panou de întindere.



Se alege de fiecare dată conductorul (sau fasciculul) care conduce la solicitarea cea mai defavorabilă pentru elementul care se dimensionează.

b) Eforturile datorate acțiunilor electrodinamice între faze, produse de curenții de scurtcircuit, se determină în condițiile stării V.

În circuitele trifazate se ia în considerare de regulă scurtcircuitul bifazat, afectînd două faze alăturate.

Conductoarele neparcuse de curentul de scurtcircuit se găsesc în starea III.

c) Eforturile datorate acțiunilor electrodinamice între conductoarele aceleiași faze, produse de curenții de scurtcircuit în cazul conductoarelor fasciculare, se determină pentru două situații: cînd starea precedentă scurtcircuitului este starea II și cînd starea precedentă este starea III.

În circuitele trifazate se ia în considerare de regulă scurtcircuitul bifazat, afectînd două faze alăturate.

Conductoarele neparcuse de curentul de scurtcircuit se găsesc corespunzător în starea II sau în starea III.

Avînd în vedere variația aproximativ liniară în timp a efortului de tracțiune suplimentar la scurtcircuit, se consideră pentru dimensionare o valoare medie, egală cu jumătate din valoarea maximă calculată și acționînd timp de 0,05 s.

Sarcinile de la pct. a, b și c de mai sus se iau în considerare separat, fără a se suprapune.

Asupra sarcinilor de la pct. b și c produse de curenții de scurtcircuit se fac următoarele precizări :

Pentru elementele constructive ale unei stații de o anumită tensiune, se consideră că efectul curenților de scurtcircuit se manifestă într-un singur circuit (un sistem de bare colectoare, o celulă etc.). Pentru dimensionarea fiecărui element constructiv, se presupune că este afectat circuitul care conduce la solicitarea cea mai defavorabilă.

Se consideră astfel că stîlpii cadrelor sînt solicitați de forțele produse de curenții de scurtcircuit dintr-o singură travee, (cu excepția cazurilor în care circuitul afectat ocupă două travee alăturate, ca de exemplu unele cuple longitudinale).

Locul defectului în circuitul afectat se alege astfel, încît să conducă la solicitarea cea mai defavorabilă pentru elementul constructiv care se dimensionează. Astfel, în cazul riglelor cu conductoare de ambele părți, se consideră că scurtcircuitul se produce la riglă, efectul său manifestîndu-se pe o singură parte a riglei. Fac excepție riglele la care conductoarele de pe cele două părți sînt legate galvanic și au direcții diferite, astfel încît forțele nu se echilibrează, rezultanta lor fiind mai mare decît tracțiunea într-o singură parte. La acestea se consideră că scurtcircuitul se produce în altă parte a circuitului, iar efectul curenților de scurtcircuit se manifestă pe ambele părți ale riglei.

Pentru sarcinile extraordinare nu se precizează condițiile de săgeată, din punctul de vedere al efectelor asupra condițiilor de întindere a conductoarelor. În cazul în care din calculul de rezistență rezultă săgeți mai mari decît valorile maxime indicate pentru sarcinile fundamentale, se va analiza posibilitatea admiterii săgeților obținute.

## Caracteristicile tehnice ale conductoarelor

Construcția conductorului de oțel-aluminiu	Secțiunea nominală a conductorului de oțel-aluminiu, mm <sup>2</sup>	Secțiunea calculată			Raportul secțiunilor aluminiu-oțel	Diametrul conduc- torului de oțel- aluminiu, D min.	E x e	
		A firelor (sirmelor componente)		Total			Inima	
		Aluminiu, mm <sup>2</sup>	Oțel, mm <sup>2</sup>				Firul (sîrmă)	
							Nr. total de fire	Diametrul unui fir, mm
N o r m a l ă	16/25	15,3	2,55	17,85	6	5,4	1	1,8
	25/4	23,9	4,0	27,9	6	6,8	1	2,25
	36/6	34,3	5,7	40,0	6	8,1	1	2,7
	50/8	48,3	8,0	56,3	6	9,6	1	3,2
	70/12	66,2	11,6	77,8	5,7	17,6	7	1,45
	95/15	90,0	15,0	105,0	6	13,4	7	1,65
	120/21	122,6	20,9	143,5	5,8	15,7	7	1,95
	150/25	148,9	25,4	174,3	5,8	17,3	7	2,15
	185/32	183,8	31,7	215,5	5,8	19,2	7	2,4
	240/40	236,0	40,1	276,1	5,9	21,7	7	2,7
	300/50	294,9	49,5	344,4	6	24,2	7	3,0
	400/75	395,2	75,5	470,7	5,3	28,2	19	2,25
	450/75	445,1	75,5	520,6	5,9	29,25	19	2,25
	680/85	678,6	85,9	764,5	7,7	36,0	19	2,4
I n t ă r i t ă	95/55	96,5	56,3	152,8	1,7	16,0	7	3,2
	120/28	119,4	27,8	147,2	4,3	15,75	7	2,25
	150/36	153,3	35,7	189,0	4,3	17,85	7	2,55
	185/43	184,8	43,1	227,9	4,3	19,6	7	2,8
	240/56	241,2	56,2	297,4	4,3	22,4	7	3,2
	300/69	305,4	69,0	374,4	4,5	25,15	19	2,15
	400/85	395,6	85,9	481,5	4,5	28,40	19	2,4
	450/97	449	96,9	545,9	4,6	30,2	19	2,55

## din oțel-aluminiu STAS 3000-69

cuștile				Sarcina de rupere calculată a conducto- rului de OL-AL, kgf	Rezistența electrică a con- ductorului de OL-AL la 20°C (informativă), $\Omega/m$	Masa aproximativă a conductoru- lui de OL-AL, kg/km	
de oțel	Manta de aluminiu					Negresat	Gresat
Diametrul inimii, mm	Firul (sîrmă)		Nr. total de straturi				
	Nr. total de fire	Diametrul unui fir, mm					
1,8	6	1,8	1	560	1,880	61,8	64
2,25	6	2,25	1	886	1,222	96,6	100
2,7	6	2,7	1	1234	0,830	139,2	144
3,2	6	3,2	1	1710	0,594	195,3	202
4,35	10+16	1,8	2	2520	0,437	272,4	283
4,95	10+16	2,1	2	3335	0,321	366,0	380
5,85	10+16	2,45	2	4560	0,236	503,0	522
6,45	10+16	2,7	2	5385	0,193	612,0	635
7,20	10+16	3	2	6620	0,157	757,0	786
8,10	10+16	3,4	2	8580	0,122	968	1004
9,0	10+16	3,8	2	10660	0,098	1205	1250
11,25	11+17	4,24	2	15370	0,074	1689	1780
11,25	15+21+27	3	3	16150	0,066	1328	1890
12,00	12+18+24	4	3	21040	0,043	2570	2660
9,6	12	3,2	1	7965	0,300	712	737
6,75	12+18	2,55	2	5380	0,242	549	570
7,65	12+18	2,55	2	6700	0,189	705	733
8,40	12+18	2,8	2	8130	0,156	650	884
9,6	12+18	3,2	2	10550	0,120	1110	1148
10,75	12+18	3,6	2	13170	0,096	1390	1438
12	12+18	4,1	2	16650	0,073	1773	1815
12,75	16+23+29	2,9	3	17500	0,065	2016	2086

## Anexa 4

## Module de elasticitate și coeficienți de dilatare liniară, STAS 3000-69

Numărul total de fire din conductorul de oțel-aluminiu		Modulul de elasticitate final (efectiv), kg/mm <sup>2</sup> E	Coeficientul de dilatație liniară (calculat), $\alpha$
Aluminiu	Oțel		
6	1	8100	$19,1 \times 10^{-6}$
6	7	7700	$19,8 \times 10^{-6}$
12	7	10700	$15,3 \times 10^{-6}$
18	1	6700	$21,2 \times 10^{-6}$
2	7	7400	$19 \times 10^{-6}$
26	7	7700	$18,9 \times 10^{-6}$
2	7	7900	$18,4 \times 10^{-6}$
30	7	8200	$17,8 \times 10^{-6}$
30	19	8000	$18,0 \times 10^{-6}$
32	19	8200	$17,5 \times 10^{-6}$
54	7	7000	$19,3 \times 10^{-6}$
54	19	6800	$19,4 \times 10^{-6}$

## Anexa 5

## Utilizarea mașinilor electronice pentru calculul mecanic

În afară de reducerea considerabilă a timpului necesar, calculul cu mașina electronică oferă o serie de posibilități suplimentare.

- se ține seama de elasticitatea construcțiilor de susținere ;
- se poate executa calculul în cazul existenței unor versante de suspensie.

În vederea executării calculului mecanic la mașina electronică, datele inițiale se vor prezenta sub formă de tabele, conform modelelor anexate.

În cele ce urmează se prezintă modul de completare a acestor tabele pentru calculul conductoarelor după programul CONFLEX și program FASCICUL.

Programul CONFLEX (scris în limbaj FORTRAN) calculează următoarele :

- valori generale;
- valori caracteristice fiecărei stări;
- valori pentru dimensionarea construcțiilor de susținere;
- valori necesare pentru montare.

Programul FASCICUL calculează efortul mecanic suplimentar care se produce în conductoarele fasciculare în momentul apariției curentului de scurtcircuit.

#### A. PROGRAMUL CONFLEX

Introducerea datelor se face pe cartele cu 80 de coloane. Datele inițiale necesare calculului sînt cele cuprinse în machetele de date.

Pentru fiecare gen de date este specificat un anumit cîmp. În cazul numerelor reale formatul specifică și amplasarea punctului zecimal.

Toate cartelele din setul aferent unui exemplu sînt numerotate și se completează în felul următor:

— primele trei cartele numerotate în primele două coloane cu cifrele: 01, 02 și respectiv 03 sînt cartelele de comentariu ce dau relații asupra variantei calculate (toate informațiile încep cu coloana 5) ;

— cartela 04 conține șapte numere întregi, pentru fiecare din aceste numere fiind afectate cîte trei coloane începînd cu coloana 5 și care indică:

NV — numărul variantei ;

NS — numărul de stări luate în considerație;

NI — numărul punctelor pentru care se indică abscisele pentru determinarea săgeților;

NG — numărul rîndurilor grupei care cuprinde sarcinile uniform distribuite care intervin în calcul;

NI — numărul de intervale în care este împărțită deschiderea ;

NQ — numărul treptelor de temperatură (de obicei 6) ;

A — cifra care indică ipoteza de calcul, și anume :

0 — se pleacă de la efortul maxim la diverse stări;

1 — se pleacă de la săgeata maximă pe orizontală și pe verticală ;

2 — se pleacă de la efortul maxim la diverse stări și de la săgeata maximă pe orizontală și pe verticală ; se determină constanta resortului necesar pentru respectarea limitelor fixate ;

3 — se pleacă de la săgeata maximă pe orizontală și pe verticală și de la săgeata minimă pe verticală ; se determină constanta resortului necesar pentru respectarea limitelor fixate.

— cartela 05 conține opt numere reale începînd cu coloana 5; pentru primele șapte sînt afectate nouă coloane și punctul este plasat în coloana 6, al optulea număr are tot nouă coloane, iar punctul este plasat în coloana 2.

Aceste numere sînt:

- $L_{\text{tot}}$  — lungimea totală a deschiderii, m;
- $L_{\text{iz}}$  — lungimea totală a izolatoarelor din deschidere, m;
- $S$  — secțiunea totală a conductorului,  $\text{mm}^2$ ;
- $E$  — modulul de elasticitate echivalent al conductorului,  $\text{kg/mm}^2$ ;
- $\sin \varphi$  — sinusul unghiului de denivelare, care este la un nivel inferior celui din dreapta;
- $f_{\text{max}}$  — săgeata maximă pe verticală, m. În cazul  $a=0$  valoarea  $f_{\text{max}}$  nu se precizează, iar pe cartelă se completează cu zero;
- $f'_{\text{max}}$  — săgeata maximă pe orizontală, m. În cazul  $a=0$  se procedează ca mai sus. Dacă în cazurile  $a=1$ ,  $a=2$  sau  $a=3$ , valoarea  $f'_{\text{max}}$  nu este impusă, se presupune că ea nu va depăși 10 m și se completează pe cartele val. 10;
- $\alpha$  — coeficientul de dilatare termică echivalent al conductorului ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

— cartela 06 cuprinde două numere reale, începînd cu coloana 5 a cartelei, pentru fiecare dintre acestea fiind afectate nouă coloane cu punctul în coloana 6.

Aceste numere sînt următoarele:

- $f_{\text{min}}$  — săgeata minimă pe verticală (m); se precizează în cazurile în care se urmărește reducerea variației săgeții pe verticală, prin introducerea unui resort, a cărui constantă urmează să fie determinată prin calcul. Cînd această valoare nu este stabilită dinainte, se completează cu zero;
- $R$  — constanta elastică a construcțiilor de susținere (dacă trebuie luată în considerare) sau a resortului (dacă există și este stabilită dinainte), (m/kg). Reprezintă deplasarea construcției de susținere sau a capătului mobil al resortului (m) cînd se aplică o forță de 1kg. Dacă se ia în considerare atît elasticitatea construcțiilor de susținere, cît și un resort cunoscut dinainte,  $R$  reprezintă suma constantelor lor. Cînd construcțiile de susținere se consideră rigide și nu există resort, sau constanta acestuia trebuie determinată prin calcul, se consideră că în cadrul datelor inițiale  $R=0$ ;

— cartelele 07 și 08 cuprind abscisele punctelor în care trebuie determinate săgețile pe verticală. Ele încep cu coloana 5 și sînt numere reale, cărora le sînt afectate nouă coloane cu punctul în coloana 6.

Pe prima cartelă 07 se pot completa opt date, pe a doua alte opt. Dacă sînt mai puțin de opt date, se folosește numai cartela 07.

— cartelele 09 și 10. Cartela 09 completată cu  $C_I \dots C_V$  reprezintă numărul coloanei din grupa sarcinilor uniform distribuite în care sînt înscrise sarcinile verticale corespunzătoare stării respective.

Cartela 10 completată cu  $C'_I \dots C'_V$  reprezintă numărul coloanei din grupa sarcinilor uniform distribuite în care sînt înscrise sarcinile orizontale corespunzătoare stării respective.

Dacă la una dintre stări nu există sarcină orizontală, numărul  $C'$  corespunzător este 0. Greutatea proprie va fi reprezentată totdeauna prin  $C=1$ ,  $C=2$  (se folosește pentru montaj).

Exemplu (dacă destinația coloanelor la grupe de sarcini uniform distribuite este cea menționată mai jos la cartele ce cuprind aceste date) :

$C_I - C'_I$	1—0	
$C_{II} - C'_{II}$	2—0	— pentru montaj
$C_{III} - C'_{III}$	1—4	
$C_{IV} - C'_{IV}$	3—5	
$C_V - C'_V$	1—0	
	3—6	

Numerele întregi au afectate trei coloane.

— cartelele 11 și 12 se completează începînd cu coloana 5 și cuprind fiecare cîte opt numere reale cu cîte nouă coloane și cu punctul în coloana 6. Pe ele se înscriu temperaturile corespunzătoare stărilor respective ( $^{\circ}\text{C}$ ) pentru care se face calculul. Dacă sînt mai puțin de opt date se folosește o singură cartelă;

— cartelele 13 și 14 se completează începînd cu coloana 5 și cuprind fiecare cîte opt numere reale cu cîte nouă coloane fiecare și cu punctul în coloana 6. Pe ele se înscriu în ordine rezistențele admisibile totale ale conductorului ( $\text{kg/mm}^2$ ) la fiecare stare.

Dacă sînt mai puțin de opt date se utilizează o singură cartelă.

— cartelele 15 și 16 se completează începînd cu coloana 5 cu numere reale, cîte opt pe fiecare cartelă, cu cîte nouă coloane fiecare și cu punctul zecimal în coloana 6.

Aceste numere reprezintă lungimea intervalelor (a) de la 1 la i ( $i=1,2 \dots 16$ ).

— cartelele 17,18 și 19 cuprind în ordine :

$d_1$  — comportarea elastică a intervalului în plan vertical;

$d'_1$  — comportarea elastică a intervalului i în plan orizontal;

$b_i$  — numărul rindului din grupa sarcinilor uniform distribuite corespunzătoare intervalului i.

Aceste numere sînt întregi și se completează pe cartele începînd cu coloana 5, avînd afectate fiecare cite trei coloane.

Mărimile  $d_i$  și  $d'_i$  pot avea următoarele valori:

0 — interval flexibil (conductor, lanț de izolatoare de suspensie cu capă etc.);

1 — interval rigid deplasabil (izolator tip tijă etc.);

2 — interval rigid nedeplasabil (izolator tip V).

Exemple privind mărimile  $d_i - d'_i$  :

— conductor 0—1;

— izolator tip tijă 1—1;

— izolatoare cu capă în V 0—2;

— izolatoare tijă în V 1—2;

— cartela 20 precede grupul de cartele completate cu sarcinile uniform distribuite (kg/m). Nu are nimic altceva înscris pe ea.

Set de cartele ce cuprind sarcinile uniform distribuite (kg/m) ce intervine în calcul:

— cartelă cu sarcinile conductorului;

— cartelă cu sarcinile izolatorului;

— cartelă cu sarcinile unui al treilea material (dacă există).

Pe aceste cartele se completează cite șase numere reale începînd cu coloana 5 a cartelei, fiecareia fiindu-i afectate cite nouă coloane și punctul zecimal în coloana 6.

Aceste numere reprezintă:

1. Greutatea proprie.
2. Greutatea proprie (se repetă pentru calculul la montare).
3. Greutatea proprie + chiciură.
4. Sarcina dată de vîntul cu viteză maximă cînd nu există chiciură.
5. Sarcina dată de vîntul cu viteza  $V_c$  cînd există chiciură.
6. Sarcină dată de vîntul cu viteza  $V_c$ , cînd există chiciură, valoare egală cu cea de la 5.



PROGRAMATOR		RSN		FOAIE DE PROGRAM FORTAN		TELEFON 274 - 281	
Elicopter		Instrucțiuni Fortan		Secvență			
1.12.1	1.12.2	1.12.3	1.12.4	1.12.5	1.12.6	1.12.7	1.12.8
01.	02.	03.	04.	05.	06.	07.	08.
09.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.
41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.
49.	50.	51.	52.	53.	54.	55.	56.
57.	58.	59.	60.	61.	62.	63.	64.
65.	66.	67.	68.	69.	70.	71.	72.
73.	74.	75.	76.	77.	78.	79.	80.
81.	82.	83.	84.	85.	86.	87.	88.
89.	90.	91.	92.	93.	94.	95.	96.
97.	98.	99.	100.	101.	102.	103.	104.
105.	106.	107.	108.	109.	110.	111.	112.
113.	114.	115.	116.	117.	118.	119.	120.
121.	122.	123.	124.	125.	126.	127.	128.
129.	130.	131.	132.	133.	134.	135.	136.
137.	138.	139.	140.	141.	142.	143.	144.
145.	146.	147.	148.	149.	150.	151.	152.
153.	154.	155.	156.	157.	158.	159.	160.
161.	162.	163.	164.	165.	166.	167.	168.
169.	170.	171.	172.	173.	174.	175.	176.
177.	178.	179.	180.	181.	182.	183.	184.
185.	186.	187.	188.	189.	190.	191.	192.
193.	194.	195.	196.	197.	198.	199.	200.

— cartela 21, precede grupul de cartele completate cu forțele concentrate situate la dreapta intervalului (kg).

Set de cartele ce cuprind forțele concentrate situate la dreapta intervalului (kg).

Numărul de cartele din set:

NI—1.

## B. PROGRAMUL FASCICUL

Pentru programul de calcul mecanic al conductoarelor fasciculare, datele inițiale se vor completa în conformitate cu indicațiile care urmează.

Pe o cartelă de date se pot utiliza toate cele 80 de coloane pe care aceasta le conține. Fiecare linie a unui formular FORTRAN reprezintă o cartelă.

Pe cartelă, respectiv linia corespunzătoare din formular, se trec numai valorile numerice (nu simboluri alfabetice sau alfanumerice).

Iată cum arată datele inițiale în programul de față:

Se introduc în ordine strictă următoarele :

— linia 1. NVAR=numărul total de variante;

A5 = 0 sau 1 ; indicatorul zero arată că programele CON-FLEX și FASCICUL funcționează împreună ;

A5 = 1 ; arată că programul FASCICUL lucrează independent.

Aceste date se completează o singură dată, deoarece ele sînt independente de variantă. Toate celelalte linii se completează pentru fiecare variantă în parte.

— linia 2. Dacă A5 = 1, se completează în ordine :

HM = H minim, kg;

S = secțiunea fasciculului, mm<sup>2</sup>;

E = modulul de elasticitate, kg/mm<sup>2</sup>;

a' = distanța normală între conductoarele fasciculare, m;

I<sub>d</sub> = curentul admisibil de durată al fasciculului, kA;

I<sub>k</sub>' = valoarea efectivă inițială a componentei alternative a curentului de scurtcircuit, kA;

$A4 = 0$  indică metoda lui  $\lambda$  mediu,  $A4=1$  indică a doua metodă;

$NST$  = numărul de stări pentru care se efectuează calculul în varianta luată în considerare.

— linia 3.  $SI$  = stările pentru care se efectuează calculul în varianta respectivă;

$H$  = valorile eforturilor de tracțiune în ordinea corespunzătoare a stărilor enunțate ;

$DI$  = diametrele fasciculelor, în ordinea enunțată de stările care le corespund, m.

Dacă indicativul  $A5=0$ , se completează linia 1 și linia 2 numai cu:  $a' = I_d, I_k, A4$  (deoarece  $H_{min.}$ ,  $S$  și  $E$  există în CONFLEX).

Liniile 3 și 4 nu se mai completează, deoarece programul CONFLEX conține deja aceste informații.

Se vor completa liniile 5 și 6 după cum urmează:

— linia 5. Dacă indicativul  $A4=0$ , pe această linie se va trece o singură valoare, și anume  $\lambda_{mediu}$ .

Dacă indicatorul  $A4=1$ , se va trece numărul de valori  $NL$  cuprinse în șirul  $\lambda$ ; în continuare se trec valorile așa cum se vede în machetă. Dacă aceste valori depășesc capacitatea unei cartele, se va trece pe următoarea.

— linia 6. Pentru această din urmă metodă se introduce o valoare dată pentru:

$$\lambda_{maxim} = \lambda M$$

Note explicative:

Caracterul  $\delta$  se va înlocui cu semnul plus sau minus al datei numerice respective. (Semnul plus poate să lipsească; în acest caz se va lăsa blank).

Cu hașură s-a scos în evidență zona care urmează după punctul zecimal. Prin convenție, virgula zecimală se înlocuiește pentru calculator cu punct zecimal. Se vor respecta întocmai formatele indicate pe acest formular, deoarece orice blank în plus sau suprimat din neatenție duce la citirea eronată a datelor inițiale.

PROGRAMATOR:		ASN	FOAIE DE PROGRAM FORTAN		TE-EDN 294 - 281																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
ENUNȚ		Instruction: Fortan		Severin																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462

**Calculul tensiunii de efect corona. Exemplu de calcul**

1. Tensiunea critică de efect corona pe timp frumos este cea valoare a tensiunii de funcționare a instalației la care valoarea cîmpului electric la suprafața conductoarelor este:

$$E_{cr} \approx 20 \text{ mđ (kV/cm, valoare eficace)}$$

unde:

$m$  este un coeficient referitor la starea suprafeței conductorului (pentru conductoare funie  $m=0,82$ , iar pentru suprafețe netede  $m=1$ );

$\delta$  — densitatea relativă a aerului care se determină conform exemplului de calcul I.

2. Valoarea reală a cîmpului electric  $E$  la suprafața conductoarelor nu trebuie să depășească valoarea critică  $E_{cr}$  determinată cu relația de mai sus.

3. Determinarea valorii reale  $E$  a cîmpului electric se poate face cu una dintre metodele expuse în continuare.

**A. METODA GENERALĂ**

1. Fie un sistem de  $n$  conductoare 1, 2, 3... $n$  orizontale și paralele, alimentate de un sistem trifazat de tensiuni:

$$U_R = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sin \omega t$$

$$U_S = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$U_T = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

unde  $U_R$ ,  $U_S$  și  $U_T$  sînt tensiunile pe fază în raport cu pămîntul, iar  $U_m$  este tensiunea maximă de funcționare a rețelei, între faze (valoarea eficace).

Fiecare conductor este alimentat de una din cele trei tensiuni sau este legat la pămînt (cazul conductoarelor de gardă).

Se presupune că distanțele dintre conductoare sînt relativ mari în raport cu diametrele lor.

Valoarea cimpului electric  $E$  la suprafața unui conductor activ oarecare p este:

$$E_p = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{C_{fp}}{2\pi\epsilon} \frac{1}{r_p} \text{ (kV/cm, valoare eficace)}$$

unde:

$U_m$  este tensiunea maximă de funcționare a rețelei, între faze (kV, valoare eficace);

$C_{fp}$  — capacitatea de funcționare a conductorului p în raport cu celelalte conductoare și cu pământul (F/km);

$r_p$  — raza conductorului, (cm);

$\epsilon$  — constanta dielectrică a aerului, (F/km).

Capacitatea de funcționare  $C_{fp}$  are valoarea:

$$C_{fp} = 2\pi\epsilon \cdot B_p \text{ (F/km)}$$

unde  $B_p$  este un coeficient care depinde de elementele geometrice ale instalației.

Deci valoarea cimpului electric are expresia simplificată:

$$E_p = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{B_p}{r_p} \text{ (kV/km, valoare eficace)}$$

Coeficientul  $B_p$  se calculează astfel:

$$B_p = \sqrt{K_p^2 + 3(K_p'^2 + K_p''^2 + K_p K_p'' + K_p' K_p'')}$$

unde:

$K_p$  este un coeficient care depinde de capacitatea parțială a conductorului p în raport cu pământul și cu celelalte conductoare legate la pământ (conductoare de gardă);

$K_p'$  — un coeficient care depinde de capacitatea parțială a conductorului p în raport cu conductoarele alimentate de tensiunea fazei a doua în ordinea de succesiune (în raport cu faza conductorului p);

$K_p''$  — un coeficient care depinde de capacitatea parțială a conductorului p în raport cu conductoarele alimentate de tensiunea fazei a treia în ordinea de succesiune (în raport cu faza conductorului p).

Coeficienții  $K_p$ ,  $K'_p$  și  $K''_p$  au valoarea:

$$K_p = \frac{1}{D} \left( \sum_{i=1}^n A_{pi} - \sum_{i=1}^m A_{pi} \right)$$

$$K'_p = -\frac{1}{D} \sum_{i=k}^p A_{pi}$$

$$K''_p = -\sum_{i=r}^s A_{pi}$$

În expresia sumelor de mai sus, numerele  $1 \dots m$  sînt ale conductoarelor legate la pămînt, numerele  $k \dots p$  sînt ale conductoarelor alimentate de tensiunea fazei a doua în ordinea de succesiune, iar numerele  $r \dots s$  ale conductoarelor alimentate de tensiunea fazei a treia în ordinea de succesiune (în raport cu faza conductorului  $p$ ).

$$D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

Mărimile  $A_{pi}$  sînt minorii determinantului  $D$  în raport cu elementele  $a_{pi}$  corespunzătoare. Se va ține seama de semnul minorilor. Se va observa de asemenea că  $A_{ik} = A_{ki}$ .

Valorile coeficienților de potențial  $\alpha$ :

— Pentru coeficienții  $\alpha$  cu ambii indici egali:

$$a_{ii} = \ln \frac{2 h_i}{r_i} = 2,3 \log_{10} \frac{2 h_i}{r_i}$$

— Pentru coeficienții  $\alpha$  cu indici diferiți:

$$a_{ik} = \ln \sqrt{\frac{4 h_i h_k}{a_{ik}^2} + 1} = 2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4 h_i h_k}{a_{ik}^2} + 1}$$

unde:

$h_i$  — este înălțimea față de sol a conductorului  $i$ , cm;

$r_i$  — raza conductorului  $i$ , cm;

$a_{ik}$  — distanța dintre conductoarele  $i$  și  $k$ , cm.

Se va observa că determinantul  $D$  este simetric în raport cu diagonală principală.

Coefficientul  $K_p$  calculat mai sus trebuie mărit cu circa 5...10%, pentru a ține seama de efectul cadrelor, aparatelor și al altor elemente din apropiere legate la pământ.

2. În cazul unui conductor fasciculat compus din  $n$  conductoare așezate în vîrfurile unui poligon regulat (fig. 1) relațiile de mai sus rămîn valabile în principiu, cu modificările arătate mai jos.

Cîmpul electric are valoarea:

$$E_p = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{C_{fp}}{2\pi \varepsilon n} \left[ \frac{1}{r_0} + \frac{(n-1) \sin \frac{\pi}{n}}{a'} \right] =$$

$$= \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{B_p}{n} \left[ \frac{1}{r_0} + \frac{(n-1) \sin \frac{\pi}{n}}{a'} \right] \text{ (kV/cm, valoare efecace)}$$

unde :

$n$  este numărul conductoarelor fasciculului ;

$r_0$  — raza conductoarelor din care este format fasciculul, cm ;

$a'$  — distanța dintre două conductoare alăturate (fig. 1) ale fasciculului, cm.

Coefficienții de potențial cu ambii indici egali au valoarea :

$$a_{ii} = \ln \frac{2 h_i}{R_i'} = 2,3 \log_{10} \frac{2 h_i}{R_i'}$$

unde :

$R$  este raza echivalentă a fasciculului de conductoare  $i$ , cm.

$$R_i' = R_i \sqrt[n]{\frac{n r_0}{R_i}} \text{ (cm)}$$

$R_i$  = raza reală (fig. 1) a fasciculului de conductoare  $i$ , cm.

Coefficienții de potențial  $a_{ik}$  cu indici diferiți au valoarea arătată anterior.

3. Metoda generală expusă mai sus permite calcularea exactă a efectului corona în cazul unui număr mai mare de conductoare, de exemplu în cazul conductoarelor unei celule, ținîndu-se seama și de efectul conductoarelor din celulele alăturate. Nu se va lua în considerare efectul conductoarelor prea îndepărtate. Calculele se vor efectua cel puțin pentru faza din mijloc, care este în general mai solicitată la efectul corona.



## B. METODA SIMPLIFICATĂ

1. În cazul unui sistem trifazat compus din trei conductoare, neglijându-se influența conductoarelor din celulele vecine, se obțin relații de calcul mai simple. În acest scop se adoptă valori medii pentru coeficienții de potențial  $\alpha$  :

$$\alpha_1 = \frac{1}{3} (\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{13}) = \ln \frac{2h}{r} = 2,3 \log_{10} \frac{2h}{r}$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{3} (\alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{23})$$

unde :

$h = \sqrt[3]{h_1 \cdot h_2 \cdot h_3}$  (media geometrică a înălțimilor conductoarelor față de sol, cm) ;

$r$  — raza conductorului, cm ;

Coeficienții  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{13}$  și  $\alpha_{23}$  au valorile indicate anterior pentru metoda generală.

Capacitatea de funcționare și coeficientul B :

$$C_f = \frac{2\pi\epsilon}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad (\text{F/km}),$$

$$B = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

Valoarea  $C_f$  sau B astfel determinată trebuie mărită cu 2—5% pentru a ține seama de efectul cadrelor, aparatelor sau al altor elemente din apropiere legate la pământ.

Cîmpul electric la suprafața conductorului :

$$E = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{C_f}{2\pi\epsilon} \frac{1}{r} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \frac{B}{r} \quad (\text{kV/cm, valoare eficace})$$

2. Metoda poate fi simplificată și mai mult, prin neglijarea influenței pămîntului. Această ipoteză este aplicabilă de exemplu în cazul conductoarelor suspendate de cadre, cînd distanțele față de sol sînt mari în comparație cu distanțele dintre conductoare.

Se adoptă de asemenea valori medii pentru coeficienții de potențial  $\alpha$ .

Capacitatea de funcționare și coeficientul B :

$$C_f = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{a}{r}} = \frac{2\pi\epsilon}{2,3 \log_{10} \frac{a}{r}} \quad (\text{F/km})$$

$$B = \frac{1}{\ln \frac{a}{r}} = \frac{2}{2,3 \log_{10} \frac{a}{r}}$$

unde :

$a = \sqrt[3]{a_{12}a_{13}a_{23}}$  (media geometrică a distanțelor dintre conductoare, cm) ;

r — raza conductorului, cm.

Valoarea  $C_f$  sau B astfel determinată trebuie mărită cu 2—5% pentru a ține seama de efectul cadrelor, aparatelor sau al altor elemente din apropiere legate la pământ.

Cîmpul electric la suprafața conductorului :

$$E = \frac{U_m C_f}{\sqrt{3} 2\pi\epsilon} \frac{1}{r} = \frac{U_m B}{\sqrt{3} r} \quad (\text{kV/cm, valoare eficace})$$

◆ 3. În cazul conductoarelor fasciculate, raza r care intervine la calcularea coeficientului de potențial  $x_1$  sau a mărimilor  $C_f$  și B se înlocuiește cu raza echivalentă  $R'$  a fascicului :

$$R' = R \sqrt[n]{\frac{nr_0}{R}} \quad (\text{cm})$$

unde :

R este raza reală a fascicului de conductoare conform figurii 1, cm ;

$r_0$  — raza unui conductor al fascicului, cm ;

n — numărul de conductoare ale fascicului.

Cîmpul electric la suprafața conductoarelor :

$$E = \frac{U_m C_f}{\sqrt{3} 2\pi\epsilon n} \left[ \frac{1}{r_0} + \frac{(n-1) \sin \frac{\pi}{n}}{a'} \right] =$$

$$= \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B}{n} \left[ \frac{1}{r_0} + \frac{(n-1) \sin \frac{\pi}{n}}{a'} \right] \quad (\text{kV/cm, valoare eficace})$$

unde n,  $r_0$  și  $a'$  au semnificațiile arătate anterior.

**Exemplu de calcul I**

1. Se consideră conductoarele de legătură între aparate într-o celulă de 220 kV. Se folosesc conductoare simple OL-Al 450/75 mm<sup>2</sup>. Din cauza înălțimii reduse deasupra solului, se ține seama de efectul acestuia. Se neglijează însă influența conductoarelor din celulele învecinate.

Conductoarele se găsesc în același plan orizontal. Datele necesare sînt următoarele :

Numerotarea conductoarelor : faza R — 1  
faza S — 2  
faza T — 3

Distanțele dintre conductoare :

$$a_{12}=a_{23}=a_{21}=a_{32}=4 \text{ m}$$

$$a_{13}=a_{31}=8 \text{ m}$$

Înălțimea față de sol :

$$h_1=h_2=h_3=h=4 \text{ m}$$

Raza conductorului :  $r=1,46 \text{ cm}$ .

Altitudinea instalației : 500 m.

Temperatura maximă a aerului :  $\theta_a = +40^\circ\text{C}$ .

2. Cîmpul electric admisibil la suprafața conductorului.

Presiunea barometrică :

$$b=71,5 \text{ cm col. Hg.}$$

Densitatea relativă a aerului :

$$\delta = \frac{3,92 \text{ b}}{273 + \theta_a} = \frac{3,92 \times 71,5}{273 + 40} = 0,895$$

Coeficientul referitor la starea suprafeței conductorului :

$$m=0,82$$

Cîmpul electric admisibil :

$$E_{cr}=20 \text{ m}\delta=20 \times 0,82 \times 0,895=14,7 \text{ kV/cm}$$

3. Cîmpul real la suprafața conductorului (metoda generală).

Coefficienții de potențial :

$$\alpha_{11} = \alpha_{22} = \alpha_{33} = 2,3 \log_{10} \frac{2}{r} \frac{h}{r} = 2,3 \log_{10} \frac{2 \times 400}{1,46} = 6,3$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{21} = \alpha_{32} = 2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4}{a_{12}^2} \frac{h^2}{r^2} + 1} =$$

$$= 2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4 \times 400^2}{400^2} + 1} = 0,805$$

$$\alpha_{13} = \alpha_{31} = 2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4}{a_{13}^2} \frac{h^2}{r^2} + 1} =$$

$$= 2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4 \times 400^2}{800^2} + 1} = 0,345.$$

Valorile determinanților :

$$D = \begin{vmatrix} \alpha_{11} \alpha_{12} \alpha_{13} \\ \alpha_{21} \alpha_{22} \alpha_{23} \\ \alpha_{31} \alpha_{32} \alpha_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 6,3 & 0,805 & 0,345 \\ 0,805 & 6,3 & 0,805 \\ 0,345 & 0,805 & 6,3 \end{vmatrix} = 249$$

$$A_{11} = \begin{vmatrix} \alpha_{22} \alpha_{23} \\ \alpha_{32} \alpha_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 6,3 & 0,805 \\ 0,805 & 6,3 \end{vmatrix} = 39$$

$$A_{12} = A_{21} = - \begin{vmatrix} \alpha_{21} \alpha_{23} \\ \alpha_{31} \alpha_{33} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} 0,805 & 0,805 \\ 0,345 & 6,3 \end{vmatrix} = -4,79$$

$$A_{13} = \begin{vmatrix} \alpha_{21} \alpha_{22} \\ \alpha_{31} \alpha_{32} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,805 & 6,3 \\ 0,345 & 0,805 \end{vmatrix} = 1,52$$

$$A_{22} = \begin{vmatrix} \alpha_{11} \alpha_{13} \\ \alpha_{31} \alpha_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 6,3 & 0,345 \\ 0,345 & 6,3 \end{vmatrix} = 39,7$$

$$A_{23} = - \begin{vmatrix} \alpha_{11} \alpha_{12} \\ \alpha_{31} \alpha_{32} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} 6,3 & 0,805 \\ 0,345 & 0,805 \end{vmatrix} = -4,79$$

Coeficienții K pentru conductorul 1:

$$K_1 = \frac{1}{D} (A_{11} + A_{12} + A_{13}) = \frac{1}{249} (39 - 4,79 + 1,52) = 0,144$$

$$K'_1 = -\frac{1}{D} A_{12} = -\frac{1}{249} \times 4,79 = 0,0192$$

$$K''_1 = -\frac{1}{D} A_{13} = -\frac{1}{249} \times 1,52 = -0,0061$$

Coeficientul  $K_1$  trebuie mărit cu circa 5% :

$$K_1 = 1,05 \times 0,144 = 0,151$$

Coeficienții K pentru conductorul 2 :

$$K_2 = \frac{1}{D} (A_{21} + A_{22} + A_{23}) = \frac{1}{249} (-4,79 + 39,7 - 4,79) = 0,121$$

$$K'_2 = -\frac{1}{D} A_{23} = -\frac{1}{249} \times 4,79 = 0,0192$$

$$K''_2 = -\frac{1}{D} A_{21} = -\frac{1}{249} \times 4,79 = 0,0192$$

Coeficientul  $K_2$  trebuie mărit cu circa 5% :

$$K_2 = 1,05 \times 0,121 = 0,127$$

Coeficientul B pentru conductorul 1 (faza R) :

$$B_1 = \sqrt{K_1^2 + 3(K_1'^2 + K_1''^2 + K_1 K_1' + K_1 K_1'' + K_1' K_1'')} =$$

$$= \sqrt{0,151^2 + 3(0,0192^2 + 0,0061^2 + 0,151 \times 0,0192 - 0,151 \times 0,0061 - 0,0192 \times 0,0061)} =$$

$$= 0,172$$

Coeficientul B pentru conductorul 2 (faza S) :

$$B_2 = \sqrt{K_2^2 + 3(K_2'^2 + K_2''^2 + K_2 K_2' + K_2 K_2'' + K_2' K_2'')} =$$

$$= \sqrt{0,127^2 + 3(0,0192^2 + 0,0192^2 + 0,127 \times 0,0192 + 0,127 \times 0,0192 + 0,0192 \times 0,0192)} =$$

$$= 0,185$$

Cîmpul electric la suprafața conductoarelor :

$$E_1 = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B_1}{r} = \frac{245}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0,172}{1,46} = 16,7 \text{ kV/cm}$$

$$E_2 = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B_2}{r} = \frac{245}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0,185}{1,46} = 17,9 \text{ kV/cm}$$

Se constată că diametrul conductorului este prea mic.

4. Utilizînd metoda simplificată, se obține :

$$\alpha_1 = 2,3 \log_{10} \frac{2h}{r} = 2,3 \log_{10} \frac{2 \times 400}{1,45} = 6,3$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{3} (\alpha_{12} + \alpha_{13} + \alpha_{23}) = \frac{1}{3} (0,805 + 0,345 + 0,805) = 0,651$$

Coefficienții  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{13}$  și  $\alpha_{23}$  au fost calculați la pct. 3 precedent.

Coefficientul B :

$$B = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} = \frac{1}{6,3 - 0,651} = 0,177$$

Valoarea determinată trebuie mărită cu circa 5% :

$$B = 1,05 \times 0,177 = 0,186$$

Cîmpul electric la suprafața conductorului :

$$E = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B}{r} = \frac{245}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0,186}{1,46} = 18 \text{ kV/cm}$$

Se constată că rezultatul este suficient de exact :

5. Neglijînd influența pămîntului rezultă :

$$a = \sqrt[3]{a_{12}a_{13}a_{23}} = \sqrt[3]{400 \times 800 \times 400} = 503 \text{ cm}$$

$$B = \frac{1}{2,3 \log_{10} \frac{a}{r}} = \frac{1}{2,3 \log_{10} \frac{503}{1,46}} = 0,171$$

Valoarea determinată trebuie mărită cu circa 5% :

$$B = 1,05 \cdot 0,171 = 0,180$$

$$E = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B}{r} = \frac{245}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0,180}{1,46} = 17,4 \text{ kV/cm}$$

Rezultatul este prea mic pentru conductorul din mijloc, dar diferența este redusă. Influența pământului se resimte în special la conductoarele situate la mică înălțime în raport cu distanțele dintre ele.

### Exemplu de calcul II

1. Se consideră un sistem de bare colectoare de 220 kV.

Se folosesc conductoare duble de OL-A1 300/50 mm<sup>2</sup> (n=2).

Conductoarele se găsesc în același plan orizontal. Datele necesare

sînt următoarele :      faza R — 1  
                                     faza S — 2  
                                     faza T — 3

Distanța dintre faze :

$$a_{12}=a_{23}=4,25 \text{ m}$$

$$a_{13}=8,50 \text{ m}$$

Înălțimea față de sol :  $h=11,5 \text{ m}$ .

Distanța între conductoarele fasciculului :  $a'=20 \text{ cm}$ .

Raza conductoarelor :  $r_c=1,21 \text{ cm}$ .

Altitudinea instalației : 500 m.

Temperatura maximă a aerului :  $\theta_a = +40^\circ\text{C}$ .

2. Cîmpul electric admisibil la suprafața conductorului are valoarea calculată la exemplu 1 :

$$E_{cr}=14,7 \text{ kV/cm}$$

3. Cîmpul real la suprafața conductorului, calculat cu metoda simplificată, ținîndu-se seama de influența solului.

Raza echivalentă a fasciculului :

$$R'=R\sqrt{\frac{2r_0}{R}}=10\sqrt{\frac{2\times 1,21}{10}}=4,9 \text{ cm}$$

Coeficienții de potențial :

$$\alpha_1=2,3 \log_{10} \frac{2h}{R'}=2,3 \log_{10} \frac{2\times 1150}{4,9}=5,15$$

$$\alpha_{12}=\alpha_{23}=2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4h^2}{a_{12}^2}+1}=2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4\times 1150^2}{425^2}+1}=1,7$$

$$\alpha_{13}=2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4h^2}{a_{13}^2}+1}=2,3 \log_{10} \sqrt{\frac{4\times 1150^2}{850^2}+1}=1,06$$

$$\alpha_2=\frac{1}{3} (\alpha_{12}+\alpha_{13}+\alpha_{23})=\frac{1}{3} (1,7+1,06+1,7)=1,49$$

Coeficientul B :

$$B = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} = \frac{1}{6,15 - 1,49} = 0,214$$

Valoarea de mai sus trebuie mărită cu circa 30% :

$$B = 1,03 \times 0,214 = 0,22$$

Cîmpul electric la suprafața conductorului :

$$E = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot \frac{B}{n} \left[ \frac{1}{r_0} + \frac{(n-1) \sin \frac{\pi}{n}}{a'} \right] =$$

$$= \frac{245}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0,22}{2} \left[ \frac{1}{1,21} + \frac{(2-1) \sin \frac{\pi}{2}}{20} \right] = 13,6 \text{ kV}$$

4. Cîmpul real la suprafața conductorului, calculat cu metoda simplificată fără a ține seama de influența solului.

$$a = \sqrt[3]{a_{12}a_{13}a_{23}} = \sqrt[3]{425 \times 830 \times 425} = 535 \text{ cm}$$

$R' = 4,9 \text{ cm}$  (valoare calculată mai sus)

$$B = \frac{1}{2,3 \log_{10} \frac{a}{R'}} = \frac{1}{2,3 \log_{10} \frac{535}{4,9}} = 0,214$$

Valoarea de mai sus trebuie mărită cu circa 30% :

$$B = 1,03 \times 0,214 = 0,22$$

Cîmpul electric la suprafața conductorului are valoarea găsită mai sus :

$$E = 13,6 \text{ kV/cm}$$

Se constată că în acest caz influența solului este neglijabilă.

Anexa 7

### Exemplu de calcul mecanic

Programele de calcul prezentate mai sus ușurează considerabil calculele de eforturi și săgeți.

În cele ce urmează este prezentat un exemplu de calcul pentru aflarea eforturilor și săgeților într-o celulă de linie.







PROGRAMATOR:		ASN		FOAIE DE PROGRAM FORTRAN		Seventă.	
Etichetă		Instrucțiuni Fortran					
01	STATIA 110 KV						
02	DESCHIDERE 19 ZONA 2						
03	TIPLUL CONDUCTORULUI PLAL 450						
04	19, 5, 3, 15, 6, 11						
05	116, 9, 13, 72, 520, 6						
06	110, 11, 10, 11						
07	11, 5, 11, 11, 11, 25						
08	11, 2, 1, 3, 1, 13						
09	9, 8, 4, 5, 0, 6						
10	30, 3, 0, 11, 5, 11						
11	11, 11, 11, 11, 11, 11						
12	11, 11, 11, 11, 11, 11						
13	11, 11, 11, 11, 11, 11						
14	11, 11, 11, 11, 11, 11						
15	11, 11, 11, 11, 11, 11						
16	11, 11, 11, 11, 11, 11						
17	11, 11, 11, 11, 11, 11						
18	11, 11, 11, 11, 11, 11						
19	11, 11, 11, 11, 11, 11						
20	11, 11, 11, 11, 11, 11						
21	11, 11, 11, 11, 11, 11						
22	11, 11, 11, 11, 11, 11						
23	11, 11, 11, 11, 11, 11						
24	11, 11, 11, 11, 11, 11						
25	11, 11, 11, 11, 11, 11						
26	11, 11, 11, 11, 11, 11						
27	11, 11, 11, 11, 11, 11						
28	11, 11, 11, 11, 11, 11						
29	11, 11, 11, 11, 11, 11						
30	11, 11, 11, 11, 11, 11						
31	11, 11, 11, 11, 11, 11						
32	11, 11, 11, 11, 11, 11						
33	11, 11, 11, 11, 11, 11						
34	11, 11, 11, 11, 11, 11						
35	11, 11, 11, 11, 11, 11						
36	11, 11, 11, 11, 11, 11						
37	11, 11, 11, 11, 11, 11						
38	11, 11, 11, 11, 11, 11						
39	11, 11, 11, 11, 11, 11						
40	11, 11, 11, 11, 11, 11						
41	11, 11, 11, 11, 11, 11						
42	11, 11, 11, 11, 11, 11						
43	11, 11, 11, 11, 11, 11						
44	11, 11, 11, 11, 11, 11						
45	11, 11, 11, 11, 11, 11						
46	11, 11, 11, 11, 11, 11						
47	11, 11, 11, 11, 11, 11						
48	11, 11, 11, 11, 11, 11						
49	11, 11, 11, 11, 11, 11						
50	11, 11, 11, 11, 11, 11						
51	11, 11, 11, 11, 11, 11						
52	11, 11, 11, 11, 11, 11						
53	11, 11, 11, 11, 11, 11						
54	11, 11, 11, 11, 11, 11						
55	11, 11, 11, 11, 11, 11						
56	11, 11, 11, 11, 11, 11						
57	11, 11, 11, 11, 11, 11						
58	11, 11, 11, 11, 11, 11						
59	11, 11, 11, 11, 11, 11						
60	11, 11, 11, 11, 11, 11						
61	11, 11, 11, 11, 11, 11						
62	11, 11, 11, 11, 11, 11						
63	11, 11, 11, 11, 11, 11						
64	11, 11, 11, 11, 11, 11						
65	11, 11, 11, 11, 11, 11						
66	11, 11, 11, 11, 11, 11						
67	11, 11, 11, 11, 11, 11						
68	11, 11, 11, 11, 11, 11						
69	11, 11, 11, 11, 11, 11						
70	11, 11, 11, 11, 11, 11						
71	11, 11, 11, 11, 11, 11						
72	11, 11, 11, 11, 11, 11						
73	11, 11, 11, 11, 11, 11						
74	11, 11, 11, 11, 11, 11						
75	11, 11, 11, 11, 11, 11						
76	11, 11, 11, 11, 11, 11						
77	11, 11, 11, 11, 11, 11						
78	11, 11, 11, 11, 11, 11						
79	11, 11, 11, 11, 11, 11						
80	11, 11, 11, 11, 11, 11						
81	11, 11, 11, 11, 11, 11						
82	11, 11, 11, 11, 11, 11						
83	11, 11, 11, 11, 11, 11						
84	11, 11, 11, 11, 11, 11						
85	11, 11, 11, 11, 11, 11						
86	11, 11, 11, 11, 11, 11						
87	11, 11, 11, 11, 11, 11						
88	11, 11, 11, 11, 11, 11						
89	11, 11, 11, 11, 11, 11						
90	11, 11, 11, 11, 11, 11						
91	11, 11, 11, 11, 11, 11						
92	11, 11, 11, 11, 11, 11						
93	11, 11, 11, 11, 11, 11						
94	11, 11, 11, 11, 11, 11						
95	11, 11, 11, 11, 11, 11						
96	11, 11, 11, 11, 11, 11						
97	11, 11, 11, 11, 11, 11						
98	11, 11, 11, 11, 11, 11						
99	11, 11, 11, 11, 11, 11						
100	11, 11, 11, 11, 11, 11						

## R E Z U L T A T E

## 1. Valori generale

Lungimea totală a deschiderii 16.90 zona II

Constanta de elasticitate 00

## 2. Valori caracteristice fiecărei stări

Mărimea calculată		Starea 1	Starea 2	Starea 3	Starea 4	Starea 5
Comp. efort A-B	H	305.72	303.41	391.86	290.96	414.37
Comp. vert. A	VA	-165.31	-165.31	-208.04	-165.31	-208.04
Comp. vert. B	VB	155.79	155.79	197.45	155.79	197.45
Comp. oriz. A	WA	.00	39.64	-14.20	.00	53.08
Comp. oriz. B	WB	.00	37.88	13.56	.00	54.81
Efort total A	TA	347.55	347.79	443.89	334.64	466.69
Efort total B	TB	343.12	343.17	439.00	330.04	462.27
Rezis. în cond.	Sigma	66.76	66.81	85.26	64.28	89.64
Săgeata vert.	FV	.80	.80	.84	.84	.79
Săgeata oriz.	FO	.00	.08	.03	.00	.53
Lim. sup. er. rel.	RO	72.12	17.43	16.40	19.25	14.42
Ordonata pct. 1	y (1)	—26	—26	—26	—27	—24
Ordonata pct. 2	y (2)	—76	—76	—76	—80	—72
Ordonata pct. 3	y (3)	—77	—78	—78	—81	—74
Ordonata pct. 4	y (4)	—50	—51	—52	—53	—49

## 3. Valori pentru dimensionarea construcțiilor de susținere

Comp. efort A-B	HP	305.72	303.41	391.86	290.96	414.37
Comp. vert. A	VAP	165.31	165.31	208.04	165.31	208.04
Comp. vert. B	VBP	155.79	155.79	197.45	155.79	197.45
Comp. oriz. A	WAP	.00	39.64	14.20	.00	54.81
Comp. oriz. B	WBP	.00	37.88	13.56	.00	53.08

## 4. Valori necesare pentru montare

Temperat	H. Montaj	TA Montaj	TB Montaj	Săgeți
—20·00	268·42	305·45	308·86	·79
—10·00	267·05	304·24	307·67	·79
·00	285·70	303·06	306·50	·80
—10·00	264·37	301·89	305·34	·80
20·00	263·06	300·74	304·21	·81
30·00	261·17	299·62	303·09	·81
40·00	260·49	298·50	302·00	·81

Data fiind complexitatea calculelor se recomandă utilizarea mașinilor electronice.

Calculul verifică rezultatele prezentate anterior.

Date necesare pentru proiectare :

— Destinația conductorului : celula de linie.

— Tensiunea nominală : 110 kV.

— Date de scurtcircuit : 6 000 MVA.

— Conductorul folosit : OL—AL 450 mm<sup>2</sup>.

— Elementele geometrice ale deschiderii.

— Lungimea totală a deschiderii între axele cadrelor : 17,5 m.

— Lungimea deschiderii între ochiurile cîrligelor de tracțiune —  
16,9 m.

— Lungimea lanțurilor de izolatoare : 1,61 m.

— Lungimea tendonului : 0,5 m.

— Lungimea intervalelor :

$$L_1 = 2,11 \text{ m}; \quad L_3 = 13,04 \text{ m};$$

$$L_2 = 0,14 \text{ m}; \quad L_4 = 1,61 \text{ m}.$$

— Condiții meteorologice.

## Calculul mecanic

Conform datelor necesare pentru protecție, se adoptă condițiile meteorologice-limită din PE 101.

Amplasamentul corespunde zonei meteorologice II.

Temperatura aerului (minimă): —30°C.

Grosimea stratului de chiciură: 1,3 cm.

$$\text{Greutatea specifică a chiciurii : } \gamma_c = 0,75 \frac{\text{kgf}}{\text{dm}^3}.$$

Viteza vîntului (maximă) :  $V_{\text{max.}} = 27 \text{ m/s.}$

Viteza vîntului cînd există chiciură:  $V_{\text{max.}} = 20 \text{ m/s.}$

Elementele geometrice ale deschiderilor sînt precizate în cadrul datelor de proiectare.

— Sarcinile se consideră în conformitate cu prevederile STAS 3000-69 și condițiile meteorologice ale zonei II.

### Calculul fără utilizarea mașinii de calculat

#### Calculul coeficienților de influență

$$b_1 = \frac{1}{L} \left( \frac{L_1}{2} + L_2 + L_3 + L_4 \right) = \frac{1}{16,9} \left( \frac{2,11}{2} + 0,14 + 13,04 + 1,61 \right) = 0,94$$

$$b_2 = \frac{1}{L} \left( \frac{L_2}{2} + L_3 + L_4 \right) = \frac{1}{16,9} \left( \frac{0,14}{2} + 13,04 + 1,61 \right) = 0,87$$

$$b_3 = \frac{1}{L} \left( \frac{L_3}{2} + L_4 \right) = \frac{1}{16,9} \left( \frac{13,04}{2} + 1,61 \right) = 0,43$$

$$b_4 = \frac{1}{L} \cdot \frac{L_4}{2} = \frac{1}{16,9} \cdot \frac{1,61}{2} = 0,047$$

$$c_1 = \frac{1}{L} (L_2 + L_3 + L_4) = \frac{1}{16,9} (0,14 + 13,04 + 1,61) = 0,875$$

$$c_2 = \frac{1}{L} (L_3 + L_4) = \frac{1}{16,9} (13,04 + 1,61) = 0,865$$

$$c_3 = \frac{1}{L} L_4 = \frac{1}{16,9} (1,61) \cong 0,1$$

#### Sarcinile intervalelor

— În plan vertical

— Stările I, II și IV

$$G_1 = 72,61 \times 1,61 + 23,6 \times 0,5 = 128,8 \text{ kg}$$

$$G_2 = 1,85 \times 0,14 = 0,256 \text{ kg}$$

$$G_3 = 1,83 \times 13,04 = 25 \text{ kg}$$

$$G_4 = 72,61 \times 1,61 = 117 \text{ kg}$$

— Stările III și V

$$G_{c_1} = g c_1 L_1 = 87,75 \cdot 1,61 + 27,01 \cdot 0,5 = 154,5 \text{ kg}$$

$$G_{c_2} = g c_2 L_2 = 3,12 \cdot 0,14 = 0,43 \text{ kg}$$

$$G_{c_3} = g c_3 L_3 = 3,12 \cdot 13,04 \cong 41 \text{ kg}$$

$$G_{c_4} = g c_4 L_4 = 87,75 \cdot 1,61 = 141 \text{ kg}$$

— *In plan orizontal*

— Starea II

$$G'_1 = p_1 L_1 = 11,54 \cdot 1,61 + 3,87 \cdot 0,5 = 20,28 \text{ kg}$$

$$G'_2 = p_2 L_2 = 1,46 \times 0,14 = 0,205 \text{ kg}$$

$$G'_3 = p_3 L_3 = 1,46 \times 13,04 = 1,9 \text{ kg}$$

$$G'_4 = p_4 L_4 = 11,54 \times 1,61 = 18,6 \text{ kg}$$

— Starea III

$$G'_{c_1} = p_{c_1} L_1 = 3,04 \cdot 1,61 + 1,56 \cdot 0,5 = 5,68 \text{ kg}$$

$$G'_{c_2} = p_{c_2} L_2 = 0,7 \cdot 0,14 = 0,1 \text{ kg}$$

$$G'_{c_3} = p_{c_3} L_3 = 0,7 \cdot 13,04 = 9,1 \text{ kg}$$

$$G'_{c_4} = p_{c_4} L_4 = 3,04 \cdot 1,61 = 4,9 \text{ kg}$$

— Starea V

$$G'_{sc_1} = 5,68 \text{ kg (ca la starea III)}$$

$$G'_{sc_2} = 6,78 \cdot 0,14 = 0,95 \text{ kg}$$

$$G'_{sc_3} = 6,78 \cdot 13,04 = 88,5 \text{ kg}$$

$$G'_{sc_4} = 4,9 \text{ kg}$$

### Componentele verticale și orizontale ale reacțiunilor la capete

#### 1. Componenta verticală

##### a. Stările I, II, IV

$$\begin{aligned} V_A = & -(b_1 G_1 + b_2 G_2 + b_3 G_3 + b_4 G_4) - (c_1 F_1 + c_2 F_2 + c_3 F_3) = -(0,98 \times \\ & \times 128,8 + 0,87 \times 0,256 + 0,48 \times 25 + 0,047 \times 117) - (0,875 \times \\ & \times 8,01 + 0,865 \times 22,55 + 0,01 \times 20,82) = -(122 + 0,22 + 12 + \\ & + 5,5) - (7 + 19,5 + 0,2) \end{aligned}$$

$$V_A = -166,45 \text{ daN}$$

$$\begin{aligned} V_B = & G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + F_1 + F_2 + F_3 + V_A = 128,8 + 0,256 + 25 + 117 + 8,01 + \\ & + 22,55 + 20,82 - 166,45 \end{aligned}$$

$$V_B = 156,9 \text{ daN}$$

b. Stările III și V

$$\begin{aligned}
 V_A &= -(b_1 G_{c_1} + b_2 G_{c_2} + b_3 G_{c_3} + b_4 G_{c_4} (c_1 F_1 + c_2 F_2 + c_3 F_3)) = \\
 &= -(0,94 \times 154,5 + 0,87 \times 0,43 + 0,48 \times 41 + 0,047 \times 141) - \\
 &\quad - (0,875 \times 10,73 + 0,865 \times 29,56 + 0,01 \times 28,02) - (145 + \\
 &\quad + 0,37 + 19,7 + 6,7) - (9,4 + 25,6 + 0,2) = -206,97 \text{ daN}
 \end{aligned}$$

$$V_A = -206,97 \text{ daN}$$

$$\begin{aligned}
 V_B &= G_{c_1} + G_{c_2} + G_{c_3} + G_{c_4} + F_{c_1} + F_{c_2} + F_{c_3} + V_A = 154,5 + 0,43 + 41 + 141 = \\
 &= 10,73 + 29,56 + 28,02 - 206,97 = 198,24 \text{ daN}
 \end{aligned}$$

$$V_B = 198,24 \text{ daN}$$

## 2. Componenta orizontală

a. Starea II

$$\begin{aligned}
 W_A &= -(b_1 G'_1 + b_2 G'_2 + b_3 G'_3 + b_4 G'_4) - (c_1 P_1 + c_2 P_2 + c_3 P_3) = \\
 &= -(0,94 \times 20,28 + 0,87 \times 0,205 + 0,48 \times 19 + 0,047 \times 18,6) - \\
 &\quad - (0,875 \times 3,04 + 0,865 \times 7,99 + 0,01 \times 8,15) = -38,73 \text{ daN}
 \end{aligned}$$

$$W_B = -38,73 \text{ daN}$$

$$\begin{aligned}
 W_B &= G'_1 + G'_2 + G'_3 + G'_4 + P_1 + P_2 + W_A = 20,28 + 0,205 + \\
 &\quad + 19 + 18,6 + 3,04 + 7,99 + 8,15 - 38,73
 \end{aligned}$$

$$W_B = 38,53 \text{ daN}$$

b. Starea III

$$\begin{aligned}
 W_A &= -(b_1 G'_{c_1} + b_2 G'_{c_2} + b_3 G'_{c_3} + b_4 G'_{c_4}) - (c_1 P_1 + c_2 P_2 + c_3 P_3) = \\
 &= -(0,94 \times 5,68 + 0,87 \times 0,1 + 0,48 \times 9,1 + 0,047 \times 4,9) - \\
 &\quad - (0,875 \times 1,06 + 0,865 \times 3,39 + 0,01 \times 3,51)
 \end{aligned}$$

$$W_A = -13,89 \text{ daN}$$

$$W_B = 5,68 + 0,1 + 9,1 + 4,9 + 1,06 + 3,39 + 3,51 = 13,35$$

$$W_B = 13,85 \text{ daN}$$



c. Starea V

$$W_A = -(b_1 G'_{sc1} + b_2 G'_{sc2} + b_3 G'_{sc3} + b_4 G'_{sc4}) - (c_1 P_{c1} + c_2 P_{c2} + c_3 P_{c3})$$

$$W_A = -(0,94 \times 5,68 + 0,87 \times 0,95 + 0,48 \times 88,5 + 0,047 \times 4,9) -$$

$$- 3,88 = -52,67 \text{ daN}$$

$$W_A = -52,67 \text{ daN}$$

$$W_B = 5,68 + 0,95 + 88,5 + 4,9 + 1,06 + 3,39 + 3,51 - 52,67 =$$

$$= 55,32 \text{ daN}$$

$$W_B = 55,32 \text{ daN}$$

### Componente verticale și orizontale la extremitățile intervalelor

a. Stările I, II, IV

$$V_{1s} = V_A = -166,45 \text{ kg}$$

$$V_{2s} = V_{1d} + F_1 = -37,65 + 8,01 = -29,64$$

$$V_{3s} = V_{2d} + F_2 = -29,39 + 22,55 = -5,84$$

$$V_{4s} = V_{3d} + F_3 = 19,16 + 20,82 = 39,98$$

$$V_{1d} = V_{1s} + G_1 = -166,45 + 128,8 = -37,65$$

$$V_{2d} = V_{2s} + G_2 = -29,64 + 0,256 = -29,39$$

$$V_{3d} = V_{3s} + G_3 = -5,84 + 25 = 19,16$$

$$V_{4d} = V_{4s} + G_4 = 39,98 + 117 = 156,98$$

Se verifică  $V_{4d} = 156,98 \text{ daN}$

b. Stările III și V

$$V_{1s} = -206,97 = V_A$$

$$V_{2s} = V_{1d} + Fc_1 = -52,47 + 10,73 = -41,74$$

$$V_{3s} = V_{2d} + Fc_2 = -41,31 + 29,56 = -11,75$$

$$V_{4s} = V_{3d} + Fc_3 = 29,25 + 28,02 = 57,27$$

$$V_{1d} = V_{1s} + Gc_1 = -206,97 + 154,5 = -52,47$$

$$V_{2d} = V_{2s} + Gc_2 = -41,74 + 0,43 = -41,31$$

$$V_{3d} = V_{3s} + Gc_3 = -11,75 + 41 = 29,25$$

$$V_{4d} = V_{4s} + Gc_4 = 57,27 + 141 = 198,27$$

Se verifică  $V_{4d} = 198 \text{ daN}$

La fel se verifică componentele verticale pentru montare.

**Componente orizontale**

Starea II

$$W_{1s} = W_A = -38,73 \text{ daN}$$

$$W_{2s} = W_{1d} + P_1 = -18,45 + 3,04 = -15,41 \text{ daN}$$

$$W_{3s} = W_{2d} + P_2 = -15,20 + 7,99 = -7,21 \text{ daN}$$

$$W_{4s} = W_{3d} + P_3 = 11,78 + 8,15 = 19,93 \text{ daN}$$

$$W_{1d} = W_{1s} + G'_1 = -38,73 + 20,28 = -18,45 \text{ daN}$$

$$W_{2d} = W_{2s} + G'_2 = -15,41 + 0,20 = -15,20 \text{ daN}$$

$$W_{3d} = W_{3s} + G'_3 = -7,21 + 19 = 11,78 \text{ daN}$$

$$W_{4d} = W_{4s} + G'_4 = 19,93 + 18,6 = 38,53 \text{ daN}$$

Se verifică  $W_{4d} = W_B$ 

La fel se verifică componentele orizontale pentru celelalte stări.

Poziția punctului de elongație maximă :

1) Starea II

Componenta verticală a forței tăietoare schimbă semnul în dreptul forței concentrate :

$$\text{deci } j=3, x_0=0$$

Momentele forțelor verticale situate la stînga punctului de elongație maximă :

— Starea II

$$\begin{aligned} M_m &= -V_A(L_1 + L_2) - G_1 \left( \frac{L_1}{2} + L_2 \right) - G_2 \frac{L_1}{2} - F_1 L_2 = \\ &= 166,45 (2,11 + 0,14) - 128,8 \left( \frac{2,11}{2} + 0,14 \right) - 0,256 \frac{0,14}{2} - \\ &= -8,01 + 0,14 = 219,9 \cong 220 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Calculul mărimilor  $\emptyset$ 

Starea II

$$\emptyset_1 = \frac{V_{1d}^3 - V_{1s}^3}{g_1} + \frac{V_{2d}^3 - V_{2s}^3}{g_2} + \frac{V_{3d}^3 - V_{3s}^3}{g_3} + \frac{V_{4d}^3 - V_{4s}^3}{g_4} = 74\,970 \text{ kg}^2\text{m}$$

Mărimea  $\sigma_2$

Starea II

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= \frac{W_{1d}^3 - W_{1s}^3}{P_1} + \frac{W_{2d}^3 - W_{2s}^3}{P_2} + \frac{W_{3d}^3 - W_{3s}^3}{P_3} + \frac{W_{4d}^3 - W_{4s}^3}{P_4} = \\ &= \frac{(-18,45)^3 - (-38,73)^3}{11,54} + \frac{(-15,2)^3 - (-15,41)^3}{1,46} + \\ &+ \frac{(11,78)^3 - (-7,21)^3}{1,46} + \frac{(38,53)^3 - (19,93)^3}{11,54} = 10\,090 \text{ kg}^2\text{m}\end{aligned}$$

Coefficienții ecuației de stare

1. Coeficientul K

Modulul de elasticitate echivalent :

$$E = 7\,680 \text{ kg/mm}^2$$

Coefficientul de dilatare :

$$\alpha = 18,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Secțiunea totală :

$$S = 520,6 \text{ mm}^2$$

Coefficientul K :

$$K = \frac{1}{E\alpha S} = \frac{1}{7\,680 \cdot 18,5 \cdot 10^{-6} \cdot 520,6} = 0,0135 \text{ } ^\circ\text{C/kg}$$

Coefficientul A

— Pentru starea IV

$$A = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{6(L - L_{iz})} = \frac{74 \cdot 970}{6(16,9 - 3,72) \cdot 18,5 \cdot 10^{-6}} = 5120 \times 10^4 \text{ } ^\circ\text{C kg}^2$$

$$L_{iz} = 1,61 + 1,61 + 0,5 = 3,72 \text{ m}$$

Valoarea constantei C (minim pentru starea IV)

Pentru starea IV :

$$C = \frac{5\,120 \times 10^4}{440^2} - 0,0135 \cdot 440 - 70 =$$

$$= 267 - 5,93 - 70 = 191 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ecuația de stare :

$$H^3 + \frac{\sigma + C}{10^3 \text{ K}} H^2 = \frac{A}{10^9 \text{ K}}$$

Se înlocuiesc valorile de mai sus în ecuația de stare și rezultă :

$$H^3 + 4,6 H^2 = 3,8$$

$$H = 0,29 \text{ t}$$

*Determinarea eforturilor în conductor și a săgeților la diverse stări*

Se admite săgeata maximă 3‰ din deschidere :

$$f_m = 0,03 L = 0,03 \cdot 16,9 = 0,5 \text{ m}$$

Efortul la starea II, corespunzătoare săgeții  $f_m$  :

$$H_m = \frac{220}{0,5} = 440 \text{ kg}$$

$$f = \frac{M_m}{H} = \frac{220}{290} = 0,76 \text{ m}$$

Eforturile maxime în conductor și izolatoare

Starea IV

$$T_A = \sqrt{H^2 + V_A^2 + W_A^2} = \sqrt{290^2 + 166^2 + 0} = 332 \text{ daN}$$

$$T_B = \sqrt{H^2 + V_B^2 + W_B^2} = \sqrt{290^2 + 156^2 + 0} = 329 \text{ daN}$$

Anexa 8

### **Determinarea curentului admisibil de durată pentru conductoarele neizolate de tip funie din instalațiile exterioare**

Pentru stabilirea *în general* a curentului maxim admisibil al conductoarelor electrice se recurge la valorile normate în standarde și prescripții. Aceste valori corespund unor ipoteze climatice, de calitate a contactelor etc. care satisfac — cu o oarecare acoperire — marea majoritate a situațiilor ce se întâlnesc în practică.

În anumite cazuri particulare, fie datorită unor condiții climatice deosebite, fie datorită unei tratări speciale a contactelor (permițând funcționarea la temperaturi de regim mai ridicate), fie datorită necesității de a se recurge la secțiuni de conductoare necuprinse în tabelele de încărcări normate, prezintă interes o determinare printr-un calcul mai exact a curentului admisibil de durată în regim permanent.

În cele ce urmează se prezintă o metodă pentru determinarea acestui curent pentru conductoarele neizolate de tip funie, în instalațiile exterioare.

Curentul admisibil de durată rezultă din relația bilanțului termic, exprimat pe unitatea de lungime a conductorului :

$$\Delta P_Q + \Delta P_s = \Delta P_R + \Delta P_c \quad (W/m) \quad (1)$$

in care :

$\Delta P\Omega$  este puterea produsă sub formă de căldură prin pierderi, Joule ;

$\Delta P_s$  — puterea primită prin radiația solară ;

$\Delta P_R$  — puterea pierdută prin schimbul de radiații între conductor și mediul înconjurător (exclusiv radiația solară) ;

$\Delta P_c$  — puterea disipată sub formă de căldură prin convenție.

Temperatura de regim a conductorului, la care este realizat bilanțul termic de mai sus, nu trebuie să depășească anumite valori, în vederea evitării următoarelor inconveniente :

- scăderea cu timpul a rezistenței la tracțiune a conductorului ;
- alterarea contactelor ;

— scurgerea stratului de unsoare aplicată pe conductoare la fabricare.

Rezistența la tracțiune a conductoarelor de aluminiu și aldreay scade cu timpul la circa 85—90% din valoarea inițială la temperatura de regim de +80°C, în timp ce rezistența la tracțiune a conductoarelor de cupru scade la circa 80% din valoarea inițială la temperatura de regim de +70°C.

În România se admite pentru toate conductoarele temperatura de regim de +70°C, în timp ce în alte țări se admite valoarea de +80°C pentru conductoarele de aluminiu și aldreay.

### Pierderile prin efect joule $\Delta P\Omega$

Primul termen din relația (1) a bilanțului termic are expresia :

$$\Delta P\Omega = R' I_d^2 \cdot 10^{-3} \quad (\text{W/m}) \quad (2)$$

in care :

$R'$  este rezistența ohmică a conductorului în curent alternativ,  $\Omega/\text{km}$  ;

$I_d$  — curentul admisibil de durată la temperatura maximă, A.

Rezistența ohmică a conductorului în curent alternativ este indicată în cataloagele de fabricație.

Curentul admisibil de durată  $I_d$  se determină la sfârșitul calculului, pe baza relației bilanțului termic, după cum se va arăta în continuare.

### Puterea primită prin radiație solară $\Delta P_s$

Puterea  $\Delta P_s$  primită prin radiație solară sub formă de căldură, pe o unitate de suprafață perpendiculară pe direcția razelor solare, la nivelul mării, este indicată în figura 3, în  $\text{W/m}^2$ , în funcție de înălțimea aparentă a soarelui  $h_s$  și de puritatea aerului.

În legătură cu puritatea aerului sînt indicate trei curbe :

- 1 aer curat ;
- 2 aer cu poluare medie;
- 3 aer poluat.

Pentru cazul general se recomandă considerarea curbei 2.

Înălțimea aparentă a soarelui  $h_s$  se exprimă prin unghiul razelor solare cu plan orizontal local (în  $^\circ$ ), cînd soarele trece la meridian ; valoarea ei rezultă din relația :

$$h_s = 113,5^\circ - \varphi \text{ (pentru } \varphi \text{ (3) } \geq 23,5^\circ)$$

în care  $\varphi$  este latitudinea locală (în  $^\circ$ ). Pentru România se poate considera  $\varphi = 44^\circ$ , deci  $h_s = 69,5^\circ$ .

Pentru altitudini  $H$  mai mari decît nivelul mării, valoarea  $\Delta P'_s$  determinată cu ajutorul figurii 3 trebuie multiplicată cu factorul  $K$  indicat mai jos :

$K$	1,0	1,1	1,2	1,3
$H$ (m)	0	1 000	2 200	4 500

Pentru cazul general se adoptă altitudinea  $H=1\,000$  m, deci  $K \approx 1,1$ .

Considerînd situația cea mai defavorabilă, în care razele solare sînt perpendiculare pe direcția conductorului, puterea  $\Delta P_s$  primită de conductor prin radiație solară, pe unitatea de lungime, este dată de relația :

$$\Delta P_s = d \cdot \alpha \cdot \Delta P'_s \quad (\text{W/m}) \quad (4)$$

în care :

$d$  este diametrul conductorului, m;

$\alpha$  — coeficientul de absorbție relativ al conductorului (în raport cu cel al corpului negru), egal practic cu cel de radiație, conform tabelului 1.

Pentru cazul general, valoarea coeficientului de absorbție relativ se adoptă considerînd suprafața conductorului oxidată și puțin murdară.

### Puterea disipată prin radiație $\Delta P_R$

Radiația termică este proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute, iar schimbul de căldură cu mediul rezultă din diferența între căldura iradiată de conductoare și cea primită de la mediul încon-

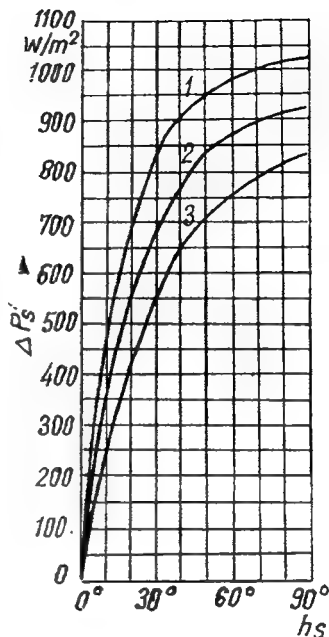


Fig. 3

Tabelul 1

**Coeficientul relativ de emisie  $\varepsilon$  și de absorbție  $\alpha$   
pentru conductoarele neizolate de tip funie**

( $\varepsilon \approx \alpha$ )

Starea suprafeței	Materialul	
	Cupru	Aluminiu și aldreay
Semilustruită	0,15	0,08
Mată	0,24	0,23
Oxidată	0,5	0,35
Oxidată și ușor murdară	0,6	0,5
Puternic oxidată	0,75	0,7
Puternic oxidată și murdară	0,88...0,93	0,88...0,93

jurător. Considerînd că schimbul de căldură se face în proporție de 75% cu solul și 25% cu atmosfera, debitul  $\Delta P'_R$  al căldurii disipate prin radiație pe unitatea de suprafață a conductorului rezultă din relația:

$$\Delta P'_R = \varepsilon CN \left\{ 0,75 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] + 0,25 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 \right] \right\} \quad [\text{W/m}^2] \quad (5)$$

în care:

$\varepsilon$  este coeficientul de radiație relativ al conductorului (în raport cu cel al corpului negru), egal practic cu cel de absorbție, conform tabelului 1;

CN — 5,7 W/m<sup>2</sup> (°K)<sup>4</sup> — coeficientul de radiație și de absorbție al corpului negru;

$T_1$  — temperatura absolută a conductorului, °K;

$T_2$  — temperatura superficială absolută a solului (°K) care în România poate fi apreciată la maximum de 308÷318°K (35—45°C);

$T_3$  — temperatura absolută a atmosferei, egală aproximativ cu 217°K (—56°C).

În loc să se calculeze numeric relația, se poate folosi nomograma din figura 4, care permite determinarea valorii numerice a expresiei:

$$\varepsilon CN \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

în care:

$T_1$  este temperatura absolută a conductorului;

$T_2$  — temperatura mediului înconjurător.

Cu ajutorul acestei nomograme se determină două valori:

$\Delta P_{R_1}$  (funcție de temperaturile  $T_1$  și  $T_2$ );

$\Delta P_{R_2}$  (funcție de temperaturile  $T_1$  și  $T_2$ ).

rezultând apoi:

$$\Delta P'_R = 0,75 \Delta P'_{R_1} + 0,25 \Delta P''_{R_2}$$

Puterea disipată prin radiație calorică pe unitatea de lungime a conductorului are valoarea:

$$\Delta P_R = \pi d \Delta P'_R \quad (\text{W/m}) \quad (6)$$

unde  $d$  este diametrul conductorului (m).

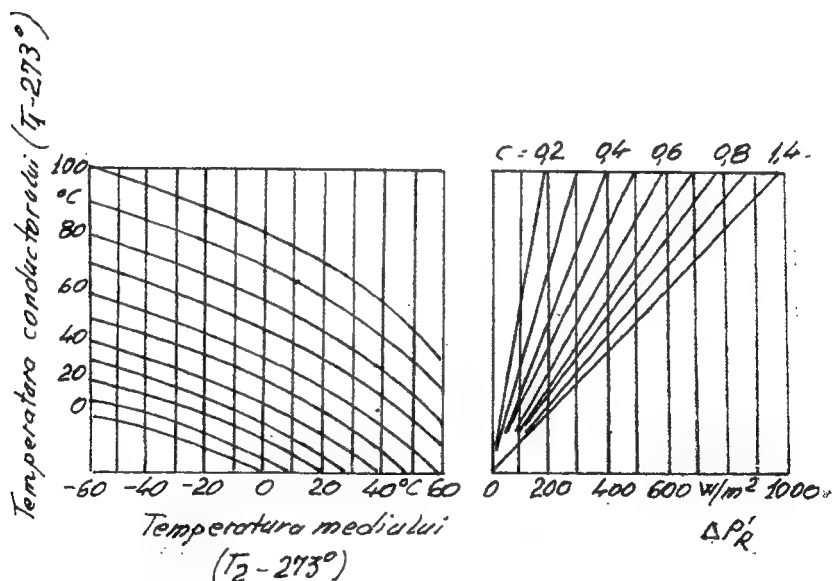


Fig. 4

#### Puterea disipată prin convecție $\Delta P_c$

În cazul răcirii prin convecție liberă a unui conductor orizontal, debitul căldurii disipate se poate determina cu ajutorul numerelor adimensionale ale lui Prandtl (Pr), Grashof (Gr) și Nusselt (Nu).



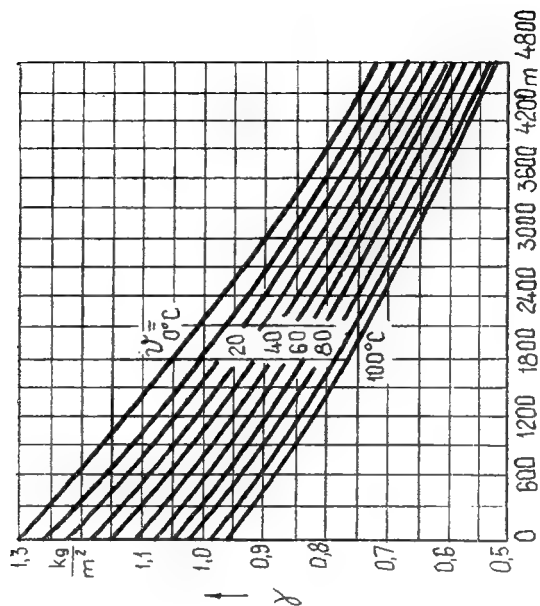


Fig. 6

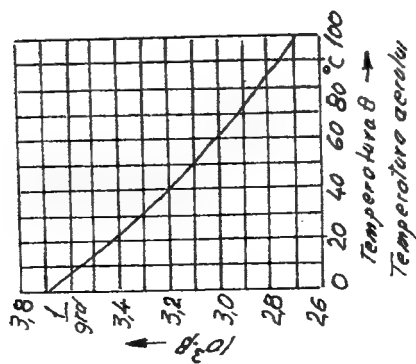


Fig. 5

Pentru cazurile uzuale (temperaturi ale conductorului între 0 și 100°C) numărul lui Prandtl este practic constant și nu este necesar să fie calculat.

Numărul lui Grashof are expresia:

$$Gr = \frac{d^3 \delta^2 \beta \theta}{\eta^2 \cdot g} \quad (7)$$

în care:

- $d$  este diametrul conductorului, m;
- $\delta$  — densitatea aerului ( $\text{kg/m}^3$ ), care se poate determina cu ajutorul nomogramei din figura 6 în funcție de altitudine și de temperatură, ultima considerându-se egală cu cea a conductorului (aer încălzit);
- $\beta$  — coeficientul de dilatare cubică al aerului ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), determinat cu ajutorul nomogramei din figura 5 pentru o temperatură a aerului egală cu cea a conductorului (aer încălzit);
- $\theta$  — diferența de temperatură între conductor și aer ( $^{\circ}\text{C}$ ); aici temperatura aerului se consideră egală cu cea adoptată pentru sol ( $T_1 - T_2$ );
- $\eta$  — vîscozitatea cinematică a aerului ( $\text{kgs/m}^2$ ), care se poate determina cu ajutorul nomogramei din figura 7 în funcție de temperatură, considerată egală cu cea a conductorului (aer încălzit);
- $g$  —  $9,81 \text{ m/s}^2$  (acceleerația gravitației).

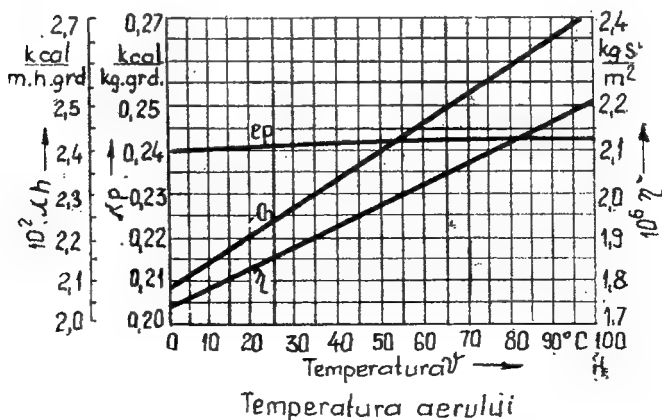


Fig. 7

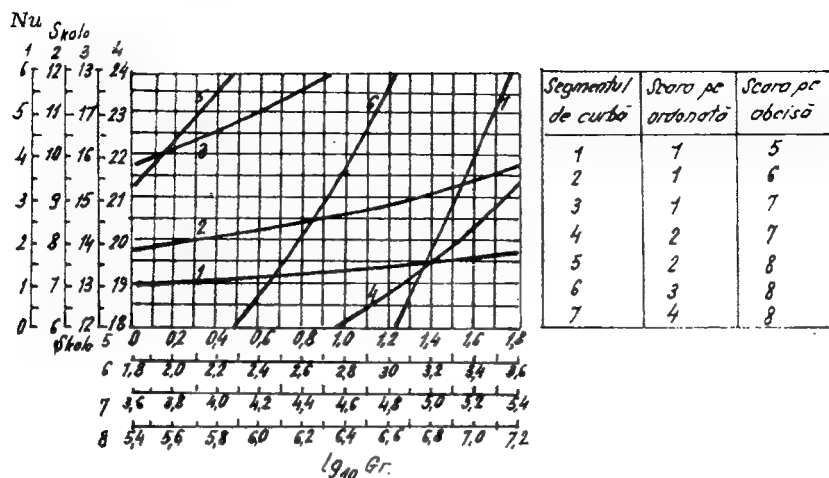


Fig. 8

Numărul lui Nusselt rezultă din relațiile:

$$\text{și } \left. \begin{array}{ll} \text{Nu} \approx 0,436 + 0,55 \text{ Gr}^{0,217} & \text{dacă } 1 \leq \text{Gr} \leq 10^4 \\ \text{Nu} \approx 0,55 \text{ Gr}^{0,228} & \text{dacă } 10^4 \leq \text{Gr} \leq 10^7 \end{array} \right\} \quad (8)$$

În locul relației, numărul lui Nusselt poate fi determinat cu ajutorul nomogramei din figura 8, în funcție de mărimea  $\log_{10} \text{Gr}$ .

Puterea disipată prin convecție liberă rezultă din relația:

$$\Delta P_c = 1,63 \pi \lambda \theta \text{ Nu} \quad (\text{W/m}) \quad (9)$$

în care:

$\lambda$  este conductibilitatea termică a aerului (kcal/mh, °C) care se poate determina cu ajutorul nomogramei din figura 7 în funcție de temperatură, considerată egală cu cea a conductorului (aer încălzit).

În cazul răcirii prin convecție forțată într-un curent de aer orizontal, perpendicular pe direcția conductorului, debitul căldurii disipate se poate determina cu ajutorul numărului adimensional al lui Reynolds (Re):

$$\text{Re} = \frac{d \dot{v}}{n \eta} \quad (10)$$

în care:

$v$  este viteza aerului;

$d$ ,  $\delta$ ,  $\eta$  și  $g$  au semnificațiile arătate anterior.

În acest caz însă, la determinarea valorilor  $\delta$  și  $\eta$ , se consideră că temperatura aerului are o valoare medie între cea a conductorului și cea a solului.

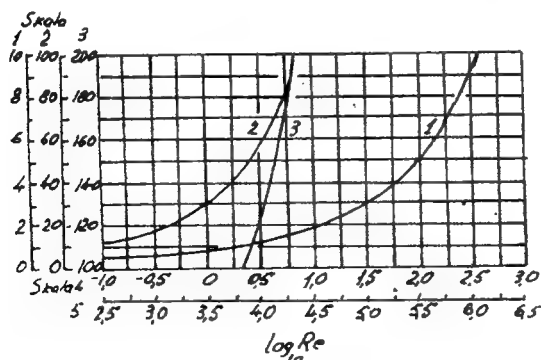
Se emite această ipoteză considerîndu-se că în cazul existenței unui curent de aer, straturile de aer care se scurg în jurul conductorului nu au timp să se încălzească pînă la temperatura acestuia.

Numărul lui Nusselt rezultă din relațiile:

$$\text{și } \left. \begin{array}{ll} \text{Nu} \approx 0,32 + 0,43 \text{ Re}^{0,52} & \text{dacă } 0,1 \leq \text{Re} \leq 10^3 \\ \text{Nu} \approx 0,24 \text{ Re}^{0,6} & \text{dacă } 10^3 \leq \text{Re} \leq 5 \cdot 10^4 \end{array} \right\} \quad (11)$$

În locul relației de mai sus, numărul lui Nusselt corespunzător răcirii prin convecție forțată poate fi determinat cu ajutorul nomogramei din figura 9 în funcție de mărimea  $\log_{10} \text{Re}$ .

Pentru o mai bună citire, curba a fost împărțită în trei segmente, scările corespunzătoare pe abscisă și pe ordonată fiind diferite. Valoarea obținută pentru numărul lui Nusselt se introduce apoi în relația (9), calculîndu-se astfel puterea disipată prin convecție forțată. În acest caz, la determinarea valorii  $\lambda$  cu ajutorul nomogramei din figura 7 se ia în considerare temperatura medie a aerului între cea a conductorului și cea a solului, după cum s-a arătat anterior.



Segment de cursă	Scara pe ordonată	Scara pe abscisă
1	1	4
2	2	5
3	3	6

Fig. 9

În exterior se produce în permanență o circulație de aer, cu viteza minimă de 0,5 ÷ 0,6 m/s, astfel încît convecția este forțată. Aerul este absolut nemișcat numai foarte rareori (în depresiuni și numai pînă la înălțimea de circa 4 m deasupra solului).

**Curentul admisibil de durată  $I_d$** 

Determinarea curentului admisibil de durată  $I_d$  care conduce la temperatura de regim a conductorului stabilită anterior se face cu relațiile (1), (4), (6) și (9).

Rezultă:

$$I_d = \sqrt{\frac{\Delta P_R + \Delta P_c - \Delta P_s}{R'}} \cdot 10^3 \quad (\text{A}) \quad (12)$$



<b>MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE</b>	<b>Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Stații electrice de distribuție de 6—20 kV</b>	<b>PE 111-10/78</b>
		<b>Grupa 1 Electroener- getică</b>

## C U P R I N S

	<u>Pag.</u>
1. Generalități . . . . .	403
2. Date necesare pentru proiectare . . . . .	406
3. Celule de medie tensiune pentru stații de distribuție . . . . .	407
4. Alegerea schemelor electrice și a echipamentelor pentru stațiile de distribuție de 6—20 kV . . . . .	410
5. Dispoziții constructive pentru stații de distribuție de 6—20 kV . . . . .	415
6. Racorduri de MT la stațiile de distribuție de 6—20 kV . . . . .	417
7. Măsuri speciale de protecție a muncii și prevenire și stingere a incendiilor . . . . .	417
<b>Anexe . . . . .</b>	<b>419</b>

<b>Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 396/78</b>	<b>Înlocuiește :</b>	<b>Data intrării în vigoare : 1 iulie 1978</b>
---	----------------------	--





## 1. GENERALITĂȚI

### 1.1. Domeniul de aplicare

**1.1.1.** Prezentele instrucțiuni se aplică la proiectarea stațiilor electrice de distribuție de 6,10 și 20 kV de tip interior, aferente stațiilor electrice de transformare. Instrucțiunile nu se aplică la proiectarea stațiilor de MT aferente centralelor electrice.

**1.1.2.** În prezentele instrucțiuni se folosesc următorii termeni pentru indicarea gradului de obligativitate a prevederilor :

— „trebuie“, „este necesar“ — indică obligativitatea strictă a respectării prevederilor în cauză ;

— „de regulă“ — indică faptul că prevederea respectivă trebuie să fie aplicată în majoritatea cazurilor ; nerespectarea prevederii este permisă, dar trebuie justificată în proiect ;

— „se admite“ — indică o soluție satisfăcătoare, care poate fi aplicată numai în situații particulare, fiind obligatorie justificarea ei în proiect ;

— „se recomandă“ — indică o soluție preferabilă, care trebuie avută în vedere, dar care nu este obligatorie.

### 1.2. Legislația tehnică

#### 1.2.1. Standarde :

**STAS 930—75** — Rețele electrice. Tensiuni nominale și abateri admisibile.

**STAS 6489—67** — Rețele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației, niveluri de izolație și de protecție.

**STAS 6669/1-77** — Încercări la înaltă tensiune. Prescripții generale.

STAS 6669/2-77 — Idem. Metode de încercare.

STAS 7334—78 — Instalații electrice de 1 000 V și peste 1 000 V. Instalații de legare la pământ de protecție. Prescripții.

◆ 1.2.2. **Prescripții, normative, instrucțiuni,  
norme interne**

PE 009/76 — Norme de prevenire, stingere și dotare împotriva incendiilor pentru ramura energiei electrice și termice.

— Norme generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcțiilor și instalațiilor (aprobat prin decret al Consiliului de Stat nr. 290/16 aug. 1977).

N.I. 6226/77 — Celule prefabricate închise de interior pentru 10 kV 4 000 A.

PE 011/75 — Normativ privind calculul comparativ tehnico-economic la instalațiile de producere, transport și distribuție de energie electrică și termică.

PE 013/79 — Normativ privind metodele și elementele de calcul al siguranței în funcționare a instalațiilor energetice.

PE 101/77 — Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

PE 103/70 — Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit.

PE 107/78 — Normativ pentru proiectarea și execuția rețelilor de cabluri electrice.

PE 109/74 — Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.

PE 111/75 — Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare.

- PE 116/78** — Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.
- PE 119/71** — Norme de protecție a muncii pentru instalații electrice.
- PE 126/72** — Regulament de exploatare tehnică pentru echipamentele electrice din distribuția primară.
- PE 134/74** — Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit în rețelele electrice cu tensiune peste 1 kV.
- N.I. 113/74** — Celule metalice prefabricate de interior 10—20 kV pentru stații de transformare.
- N.I. 115/75** — Celule metalice prefabricate de interior 10 kV pentru stații tip urban.
- N.I. 3646/74** — Celule prefabricate închise de interior pentru 10 kV până la 2 500 A cu gabarit redus cu un singur sistem de bare.
- N.I. 5912/76** — Celule prefabricate închise de interior pentru 10 kV până la 2 500 A cu două sisteme de bare.
- N.I. 2268/67** — Celule prefabricate închise de interior 10—20 kV până la 2 500 A cu un singur sistem de bare și cărucior debroșabil.
- N.I. 2614/69** — Celule prefabricate închise de interior pentru 10—20 kV până la 2 500 A cu dublu sistem de bare și cărucior debroșabil.
- 1 9 7 5** — Norme republicane de protecție a muncii.
- PE 857/74** — Condiții tehnice privind celule prefabricate de tip închis de medie tensiune.
- PE 869/77** — Condiții tehnice pentru celule de stații de tip deschis.

### 1.3. Definiții

**1.3.1. Stație electrică de distribuție** se numește în sensul prezentelor instrucțiuni, ansamblul de instalații electrice și construcții de la care se realizează distribuția energiei electrice la consumatori, cu aceeași tensiune cu care este alimentată.

**1.3.2. Stație de distribuție tip rețea** este stația de 6, 10, 20 kV din cadrul stațiilor de 110 kV/MT, care alimentează rețelele de distribuție de medie tensiune din mediul rural.

**1.3.3. Stație de distribuție tip urban** este stația de 6, 10, 20 kV din cadrul stațiilor de 110 kV/MT, la care se racordează fideri și distribuitoare destinate alimentării consumului casnic edilitar din orașe precum și a consumatorilor industriali din perimetrul acestora.

**1.3.4. Celula metalică prefabricată de interior** este cabina metalică echipată cu aparatajul de medie și joasă tensiune de comandă, protecție, măsură și semnalizare aferent unui singur circuit, utilizată în domeniul distribuției energiei electrice și destinată pentru instalare în interiorul clădirilor.

**1.3.5. Sistem de bare colectoare** se numește ansamblul pentru toate cele trei faze ale conductoarelor unei stații la care se leagă prin aparate de conectare circuitele ce se întâlnesc în stație.

**1.3.6. Secția de bare colectoare**, în sensul prezentelor instrucțiuni, se numește o porțiune dintr-un sistem de bare colectoare ce poate funcționa separat de restul instalației, având conectate numai o parte din circuitele unei stații, dar întotdeauna legată prin aparate de conectare (cuplă) la sistemul de bare colectoare.

## 2. DATE NECESARE PENTRU PROIECTARE

- 2.1. Tensiunea nominală a circuitelor primare și secundare.
- 2.2. Tensiunea de serviciu a rețelei.
- 2.3. Frecvența nominală a rețelei.
- 2.4. Modul de tratare a neutrului rețelei de MT (izolat, compensat prin bobină de stingere sau legat la pământ prin rezistență).
- 2.5. Date generale privind alegerea schemelor de conexiuni pentru stații :
  - structura rețelei din zonă și încadrarea stației în sistem ;

- categoria consumatorilor, puterea absorbită și cerințele de asigurare a continuității în alimentare ;
  - sistemul de exploatare al stației (fără personal, cu personal la domiciliu, cu personal permanent).
- 2.6. Curentul nominal al fiecărui circuit primar.
  - 2.7. Curentul maxim de durată al fiecărui circuit primar.
  - 2.8. Mărimile necesare pentru determinarea stabilității termice și dinamice la acțiunea curenților de scurt-circuit.
  - 2.9. Zona geografică.
  - 2.10. Date privind gradul de poluare din zonă.
  - 2.11. Date asupra celulelor, extrase din cataloagele și normele interne de fabricație în vigoare (caracteristici, performanțe, date constructive etc.).
  - 2.12. Tipul racordurilor exterioare (aeriene, în cablu, în bare capsulate).

### 3. CELULE DE MEDIE TENSIUNE PENTRU STAȚII DE DISTRIBUȚIE

3.1. Stațiile de distribuție de MT din cadrul stațiilor de transformare vor fi de regulă realizate cu celule metalice prefabricate de interior, amplasate în încăperi (clădiri) special amenajate.

3.2. Stațiile de distribuție de MT de tip exterior se vor realiza în general numai pentru provizorate, în aceste cazuri urmînd a se utiliza celule metalice prefabricate de exterior.

#### 3.3. Principalele caracteristici ale celulelor metalice prefabricate de medie tensiune de interior :

##### 3.3.1. Tensiunea nominală

Tensiunile nominale ale celulelor prefabricate de medie tensiune de interior vor avea următoarele valori :

- 7,2 kV pentru tensiunea nominală a rețelei de 6 kV ;
- 12 kV pentru tensiunea nominală a rețelei de 10 kV ;
- 24 kV pentru tensiunea nominală a rețelei de 20 kV.

### 3.3.2. Curentul nominal

Curentul nominal al celei prefabricate de medie tensiune de interior corespunde valorilor din tabelul 1.

Tabelul 1

Tensiunea nominală, kV	Curentul nominal, A
7,2	(600) 630 *; 1250; 2500; 4000 **
12	(600) 630 *; 1250; 2500; 4000 **
24	(600) 630 *; 1250

\* Pentru celulele de tip deschis, curentul nominal este de 600 A.

\*\* Celule în curs de omologare.

### 3.3.3. Frecvența nominală este de 50 Hz.

### 3.3.4. Puterea de scurtcircuit pe bare

Celulele prefabricate de medie tensiune de interior se execută pentru puterile de scurtcircuit pe bare rezultate din tabelul 2.

Tabelul 2

Tensiunea nominală, kV	Puterea de scurtcircuit pe bare a celei, MVA
7,2	150; 200; 250; 300; 400
12	250; 350; 500
24	300; 500

3.3.5. Curenții limită termici și dinamici ai celulelor sînt garantați de fabricile constructoare în normele interne ale celulelor și stabiliți în baza condițiilor tehnice M.E.E.: PE 857/74 și PE 869/77.

## 3.4. Tipuri constructive de celule prefabricate de medie tensiune, de interior

Celulele metalice prefabricate pentru stațiile de MT interioare, care fac obiectul prezentelor instrucțiuni, pot fi, din punct de vedere constructiv, de tip deschis sau tip închis.

### **3.4.1. Celule prefabricate de medie tensiune de tip deschis pentru stații**

Cabina metalică este construită din tablă sudată pe un schelet din profile din tablă îndoită, avînd uși pline în față și din plasă în spate. Barele colectoare sînt aparente. Celulele au un compartiment pentru aparatajul de medie tensiune, în care se instalează căruciorul debroșabil cu întreruptor și un compartiment de circuite secundare.

Celulele deschise pentru stații se execută în varianta tip rețea (pe un nivel — anexa 1 și 2 varianta tip urban (pe două niveluri) — și anexa 3 și 4 — realizate din module suprapuse. Pentru detalii suplimentare se va consulta PE 869/77.

a) Celulele de tip rețea (norma internă E 113/74) pot avea simplu sau dublu sistem de bare și se utilizează de regulă la stațiile de 110 kV/MT de distribuție rurală sau urbană, cu puteri de maximum  $2 \times 25$  MVA și un număr limitat de celule (circa 30).

b) Celulele de tip urban (norma internă E 115/75), construite numai pentru dublu sistem de bare, se utilizează la stațiile de 110 kV/MT de distribuție urbană, cu puteri care pot ajunge pînă la  $2 \times 40$  MVA, caracterizate prin numărul mare de consumatori importanți ce necesită un grad sporit de siguranță în alimentarea cu energie electrică.

### **3.4.2. Celule prefabricate de medie tensiune de tip închis pentru stații**

Cabina metalică se realizează dintr-un schelet metalic din profile din tablă îndoită, cu pereții și ușile din tablă ambuțisată. Principalele compartimente ale celulei sînt: compartimentul căruciorului cu întreruptor, compartimentul de medie tensiune, compartimentul de măsură (circuite secundare) și compartimentul barelor colectoare.

Celulele închise se construiesc pentru simplu sau dublu sistem de bare (vezi exemplele din anexele 5, 6 și 7).

## **3.5. Condiții de instalare**

Celulele metalice prefabricate de medie tensiune de interior pentru stații sînt garantate pentru o funcționare în următoarele condiții :

- altitudine maximă : 1 000 m ;
- temperatura mediului ambiant cuprinsă între :
  - 15°C și +40°C — pentru celule tip închis ;
  - 5°C și +40°C — pentru celule tip deschis ;
- temperatura medie pe o perioadă de 24 ore nu va depăși +35°C ;
- umiditatea relativă maximă a aerului :
  - 90% la +20°C — pentru celule tip închis ;
  - 80% la +35°C — pentru celule tip deschis ;
- medii lipsite de gaze, vapori, depuneri de praf etc.

#### **4. ALEGEREA SCHEMELOR ELECTRICE ȘI A ECHIPAMENTELOR PENTRU STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE DE 6—20 kV**

##### **4.1. Alegerea schemelor electrice**

Alegerea schemei de conexiuni se face ținând seama de funcția stației și încadrarea ei în sistemul energetic, de categoria, numărul și puterea consumatorilor alimentați și o serie de condiții particulare, cum sînt : caracteristicile aparaturii fabricat în țară, posibilitățile de realizare constructivă etc.

Alegerea schemei de conexiuni pentru stațiile de distribuție de rețea și urbane se va face ținând seamă de perspectiva dezvoltării rețelelor de distribuție pe o perioadă de cinci ani de la intrarea în funcțiune a primei etape a stației și verificînd condițiile de încadrare în sistem pe o perioadă de 10—15 ani.

Se va urmări simplificarea schemelor, reducerea numărului de aparate de comutare în vederea obținerii unei eficiențe economice sporite și simplificării exploatarei.

Adoptarea schemei se va face în urma calculelor tehnico-economice comparative ale mai multor variante, conform normativelor în vigoare (PE 124, PE 013), acestea trebuind să asigure :



- siguranța în funcționare necesară ;
- elasticitatea în exploatare, caracterizată prin capacitatea schemei de a permite conectarea circuitelor din stație după necesități ;
- simplitatea schemelor de protecție și automatizare ;
- reducerea volumului investițiilor și a cheltuielilor de exploatare și întreținere ;
- reducerea duratelor de montaj.

Schema de conexiuni trebuie să conțină elementele necesare respectării normelor de protecție a muncii pe timpul exploatarei stației, executării lucrărilor de revizie sau de reparație la echipamentul din stație.

Se vor evita schemele complicate, cum sînt :

- barele duble secționate cu cuple longitudinale ;
- barele duble secționate cu cuple longitudinale și transversale.

Secționarea barelor se va prevedea, de regulă, din considerente de limitare a puterilor de scurtcircuit.

#### **4.1.1. Schemele electrice pentru stații de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT de tip rețea**

Pentru stațiile de distribuție de tip rețea de 6—10 kV se vor prevedea, de regulă, celule de medie tensiune de tip închis. Pentru stațiile de distribuție de 20 kV se vor utiliza celule de tip închis, în schemă cu bare simple și celule de tip deschis în scheme cu bare duble.

În anexele 8, 9, 10 și 11 se prezintă cîteva scheme de conexiuni uzuale pentru stații de tip rețea, cu celulele specificate anterior.

Pentru stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT tip simplificat, cu un singur transformator, se recomandă schema cu bare nesectionate.

Pentru stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110/MT cu două transformatoare se recomandă (în ordine preferențială) schemele : bară simplă secționată și bară dublă nesectionată cu cuplă transversală. Alegerea schemei se va face însă în funcție de datele de proiectare.

#### 4.1.2. Scheme electrice pentru stații de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT, de tip urban

Stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de transformare de 110 kV/MT de tip urban se vor executa cu celule de tip urban (tip deschis pe două niveluri) sau cu celule de tip închis, în condițiile arătate în 4.1.1.

Alegerea schemei și a tipului celulei este condiționată în cele mai multe cazuri de configurația, modul de funcționare și sensul dezvoltării rețelei urbane din zonă.

În anexa 9 este prezentat un model de stație de distribuție tip urban, realizat cu celule deschise pe două niveluri.

#### 4.2. Puteri de scurtcircuit pentru stații de medie tensiune

Puterile de scurtcircuit plafon și cele recomandate pentru dimensionarea stațiilor de distribuție sînt incluse în tabelul 3.

Necesitatea reducerii puterii de scurtcircuit în rețeaua de distribuție, la depășirea valorilor puterii de scurtcircuit recomandate, se va stabili pe bază de calcul tehnico-economic, ținînd seamă pe de o parte de costul instalării mijloacelor de reducere a puterii de scurtcircuit, iar pe de altă parte de costul suplimentar datorat nivelului mai ridicat al puterii de scurtcircuit.

În cazul în care rezultă necesară reducerea puterii de scurtcircuit pe bare, se vor lua în considerare următoarele soluții :

- utilizarea transformatoarelor cu tensiune de scurtcircuit mare ;
- secționarea barelor colectoare ;
- montarea bobinelor de reactanță (conform instrucțiunilor PE 111—12).

Tabelul 3

Tensiunea nominală a rețelei, kV	6	10	20
Puteri de scurtcircuit recomandate, MVA	150	200	250
Puteri de scurtcircuit plafon (cazuri de excepție), MVA	250 (400)	350 (500)	500 (750)

### 4.3. Alegerea echipamentului

#### 4.3.1. Circuite primare

Echipamentele de circuite primare trebuie să îndeplinească condițiile de funcționare în regim normal și de scurtcircuit prevăzute în prescripțiile și cataloagele în vigoare, cu următoarele precizări :

##### a) *Întreruptoare*

În construcția celulelor de medie tensiune se utilizează întreruptoare de tipul cu ulei puțin, acționate cu mecanisme cu resort manual sau electric, și anume :

— Întreruptoare tip IUP—M 10, 20 kV pentru curenți nominali de 630 A și 1 000 A. Se acționează cu mecanism cu resort tip MRI-1.

— Întreruptoare tip IO-10, pentru curenți nominali de 630, 1 250, 2 500, 4 000 A (întreruptorul tip IO-10, 4 000 A este în curs de omologare).

— Întreruptoarele tip IO-20 kV, pentru curenți nominali de 630, 1 250, 2 500 A și curentul de rupere 12 kA la tensiunea nominală de 24 kV.

Se acționează cu mecanism cu resort de tipul :

— MRI-2 pentru întreruptoare tip IO-10, 20 kV 630 A ;

— MRI-3 pentru întreruptoare tip IO-10, 20 kV și curenți nominali peste 1 250 A inclusiv.

**Notă :** În construcția stațiilor de distribuție se preferă celulele echipate cu întreruptoare tip IO.

Întreruptoarele se vor alege și verifica în conformitate cu instrucțiunile PE 111-1.

##### b) *Separatoare*

În construcția celulelor de medie tensiune de stații se utilizează următoarele tipuri de separatoare :

— STI pentru celule de 630 A inclusiv ;

— STIn pentru celule de 1 250 A ;

— STIPn numai pe plecările aeriene din celulele deschise tip rețea și în cablu ale celulelor de tip urban.

Separatoarele se acționează manual, cu dispozitive cu manetă tip AMI-10 sau cu roată melcată tip AMI-11. Nu se recomandă acționarea cu dispozitive pneumatice tip AP. Separatoarele se aleg și se verifică în conformitate cu PE 111-5.

c) *Cuțite de legare la pământ*

Cuțitele de legare la pământ se aleg și se verifică conform instrucțiunilor PE 111-5 și trebuie să îndeplinească condiția de verificare la scurtcircuit.

Se montează în toate celulele cu racord în cablu.

d) *Transformatoare de curent*

Transformatoarele de curent se aleg și se verifică conform prescripțiilor PE 111-3, PE 111-10 și PE 503.

Transformatoarele din celulele de stații au izolație din rășină epoxidică și sînt de următoarele tipuri :

— CIRS-10, 20 kV (tip suport) pentru celulele avînd curenții nominali pînă la 630 A inclusiv ;

— CIRTo, os, i-10, 20 kV (tip trecere) pentru celulele avînd curenții nominali peste 630 A.

De regulă transformatoarele de curent se montează pe trei faze în celulele de linie și transformator și pe cîte două faze în celulele de condensatoare, servicii proprii și cuplă.

e) *Transformatoare de tensiune*

Transformatoarele de tensiune se vor alege și verifica în conformitate cu prescripțiile PE 111-2, PE 111-11, iar numărul și montarea acestora se va stabili conform PE 503.

Transformatoarele de tensiune sînt cu izolație din rășină epoxidică de tipurile :

— TIRMo-6, 10, 20 kV (monofazate) în montaj trifazat în celula de măsură a fiecărei secții de bare ;

— TIRBo-6, 10, 20 kV (bifazate) montate în celulele de linii interconectate, pentru semnalizarea prezenței tensiunii.

f) *Descărcătoare*

a) Descărcătoarele utilizate în construcția celulelor de medie tensiune sînt de tipul cu rezistență variabilă și rezistență de șuntare ;

DRVS-7, 5, 12, 24 kV în fabricație curentă la „Electroceramica” Turda.

b) Pentru cazuri speciale, justificate tehnico-economic, se pot utiliza descărcătoare cu rezistență variabilă și suflaj magnetic tip VA-7, 2/5, 12/5, 24/5 kV (import R.D.G.).

Locul de montare a descărcătoarelor (pe barele stației sau la bornele transformatorului de putere) se va stabili în conformitate cu normativul PE 109.

### **4.3.2. Circuite secundare și servicii proprii**

**4.3.2.1.** Proiectarea circuitelor secundare, inclusiv a protecțiilor prin relee și a automatizărilor, se va face în conformitate cu prescripțiile PE 111-7, PE 501 și PE 503.

**4.3.2.2.** Proiectarea instalațiilor de servicii proprii de curent continuu și curent alternativ se va face în conformitate cu prescripțiile PE 112 și PE 111-8.

**4.3.2.3.** Proiectarea instalațiilor de circuite secundare aferente bateriilor de condensatoare se va face în conformitate cu prevederile instrucțiunilor PE 111-11.

## **5. DISPOZIȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚII DE DISTRIBUȚIE 6—20 kV**

**5.1.** Stațiile de distribuție de medie tensiune se execută de regulă în clădiri, cu celule dispuse pe unul sau două șiruri.

Se recomandă dispoziția pe un singur șir în cazul celulelor cu gabarit redus, când nu rezultă lungimi exagerate pentru clădiri.

**5.2.** Clădirile stațiilor de distribuție se vor proiecta în conformitate cu prescripțiile PE 101, PE 009, normele generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea construcțiilor și instalațiilor, aprobate prin Decret al Consiliului de Stat nr. 290/16 aug. 1977 și normativele specifice construcțiilor industriale.

Clădirea trebuie să asigure condițiile indicate la art. 5.3. și 5.4.

### 5.3. Condiții de mediu

În stațiile de medie tensiune personalul nu desfășoară o activitate permanentă și în consecință trebuie asigurate nivelurile de temperatură admise de echipamentul utilizat (conform N.I. în vigoare). Dacă din bilanțul pierderilor de căldură pentru zona respectivă, ținând cont de construcția clădirii, rezultă temperaturi inferioare celei minime admise de echipament, se va prevedea încălzirea sălii de conexiuni, pentru care se recomandă adoptarea mijloacelor de încălzire similare celor adoptate la camera de comandă (ex.: racordarea la rețeaua de termoficare din zonă, încălzirea electrică cu radiatoare etc.).

### 5.4. Condiții de montaj al celulelor

#### 5.4.1. Se vor asigura :

- accesul în încăperea stației ;
- uși cu deschidere spre exterior ;
- planeitatea pardoselii ;
- spațiile necesare manevrării celulelor pentru montare ;
- accesul între sala de conexiuni și corpul de comandă ;
- spațiile necesare manevrării, culoarelor de circulație, de manevră și supraveghere ;
- ieșirile liniilor în cablu ; se vor prevedea canale de cabluri pentru plecări (de maximum 1, 2 m adâncime), inclusiv măsurile ce trebuie luate pentru preîntâmpinarea intrării apei în clădire prin aceste canale și pentru protecția cablului la trecerea prin zid (tuburi de protecție) etc. ; aceleași măsuri și în cazul racordului în cablu la transformatorul 110 kV/MT ;
- condițiile de realizare a racordului aerian (dacă este cazul) de la transformatorul 110 kV/MT la celula de transformator (trecerea izolată interior-exterior etc.) ;
- spațiile necesare executării întoarcerii barelor colectoare (la stații cu celule pe două șiruri) ;
- iluminatul corespunzător ; pe lângă iluminatul local din celulă se va prevedea iluminatul general al încăperii stațiilor cu celule de tip închis și iluminatul culoarului din spatele celulelor de tip deschis ; nivelul de iluminare a sălilor de conexiuni, conform PE 136, este de 150 lx.

**5.4.2.** Clădirea stației trebuie prevăzută cu :

— elemente de construcții auxiliare necesare susținerii barelor colectoare de alimentare, a stelajelor pentru întoarcerea barelor și a paravanului despărțitor dintre sistemele de bare în cazul celulelor deschise ;

— construcții auxiliare pentru fixarea centurii de legare la pământ ;

— construcții auxiliare pentru fixarea celulelor de tip deschis ;

— canale de cabluri pentru circuitele secundare.

În anexele 12 și 13 sînt prezentate cîteva dispoziții constructive pentru stații de distribuție de MT.

## **6. RACORDURI DE MT LA STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE DE 6—20 kV**

**6.1.** Pentru stațiile de distribuție din cadrul stațiilor de 110 kV/MT racordul de la transformatoarele exterioare se va realiza de regulă în bare din aluminiu (racord aerian). Dimensionarea barelor se va face în conformitate cu instrucțiunile PE 111-7. Se admite realizarea racordului în bare capsulate pentru instalații amplasate în zone poluate.

**6.2.** Plecările liniilor din stații se vor executa de regulă în cablu.

**6.3.** Alegerea, dimensionarea și verificarea cablurilor de racord se va face în conformitate cu normativele în vigoare : PE 107, PE 103, PE 134 etc., precum și cu indicațiile fabricii constructoare de cabluri.

## **7. MĂSURI SPECIALE DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR**

**7.1.** Pentru protecția muncii împotriva atingerilor directe, în afara asigurării distanțelor de izolare și de protecție se vor prevedea :

— paravane despărțitoare între sistemele de bare colectoare pe toată lungimea lor, pentru celule de tip deschis ;  
— plase de protecție sub barele colectoare în dreptul ușilor de acces, în cazul realizării întoarcerii aparente a barelor (celule deschise) și în dreptul celulelor de transformator cu racord aerian.

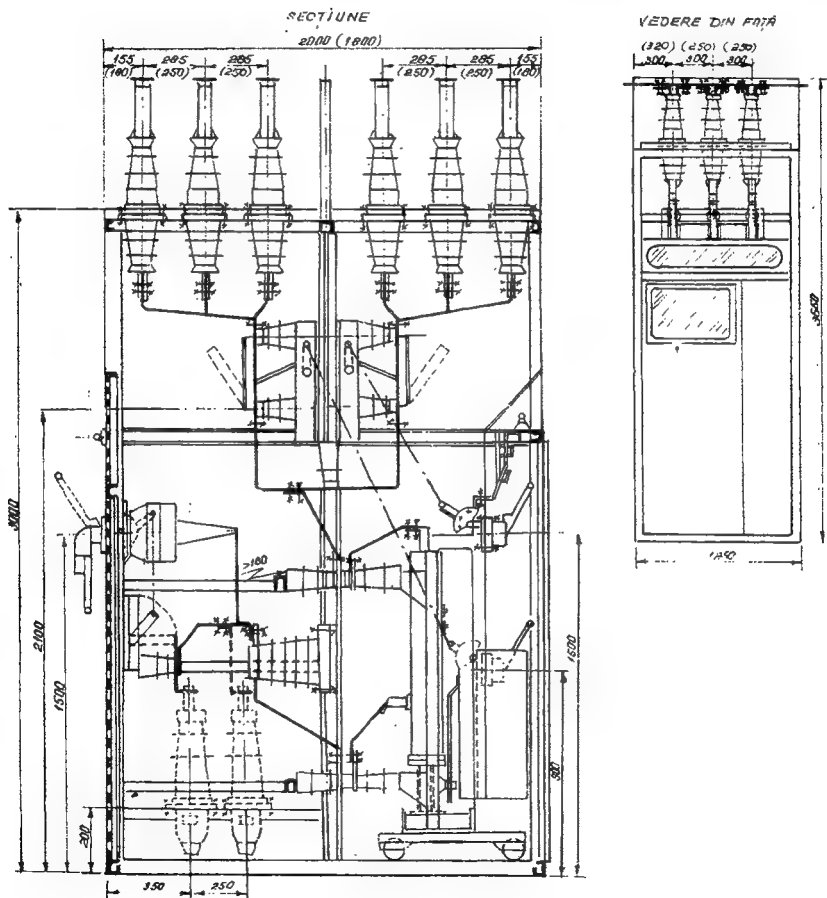
**7.2.** Pentru protecția personalului împotriva atingerilor indirecte se va realiza instalația de legare la pământ și racordarea la aceasta a tuturor părților metalice ale celulelor și ale aparatelor din celule, a construcțiilor metalice din stație care în mod accidental pot primi tensiune.

**7.3.** Instalația de legare la pământ se va realiza conform STAS 7334-77.

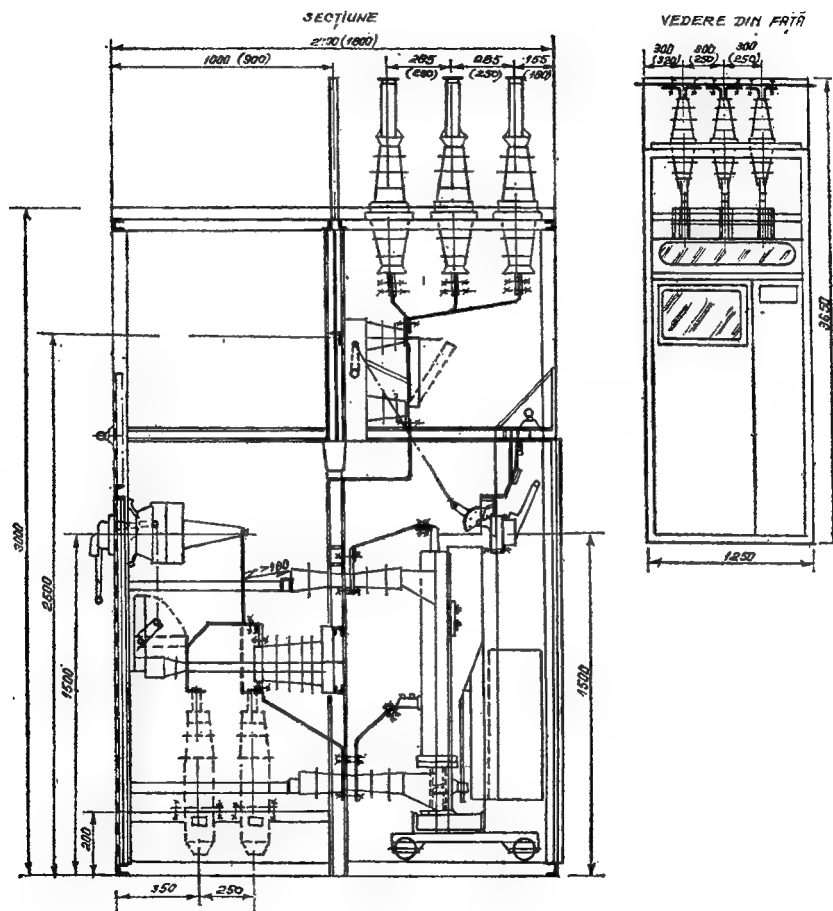
**7.4.** Vor fi prevăzute mijloacele de protecție a muncii pentru lucrările de exploatare în conformitate cu PE 119 și cu Normele republicane de protecție a muncii ed. 1975.

**7.5.** Se vor prevedea materialele tehnice și produsele necesare combaterii incendiilor conform PE 009 și normelor generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcțiilor și instalațiilor (Decret 290/77).

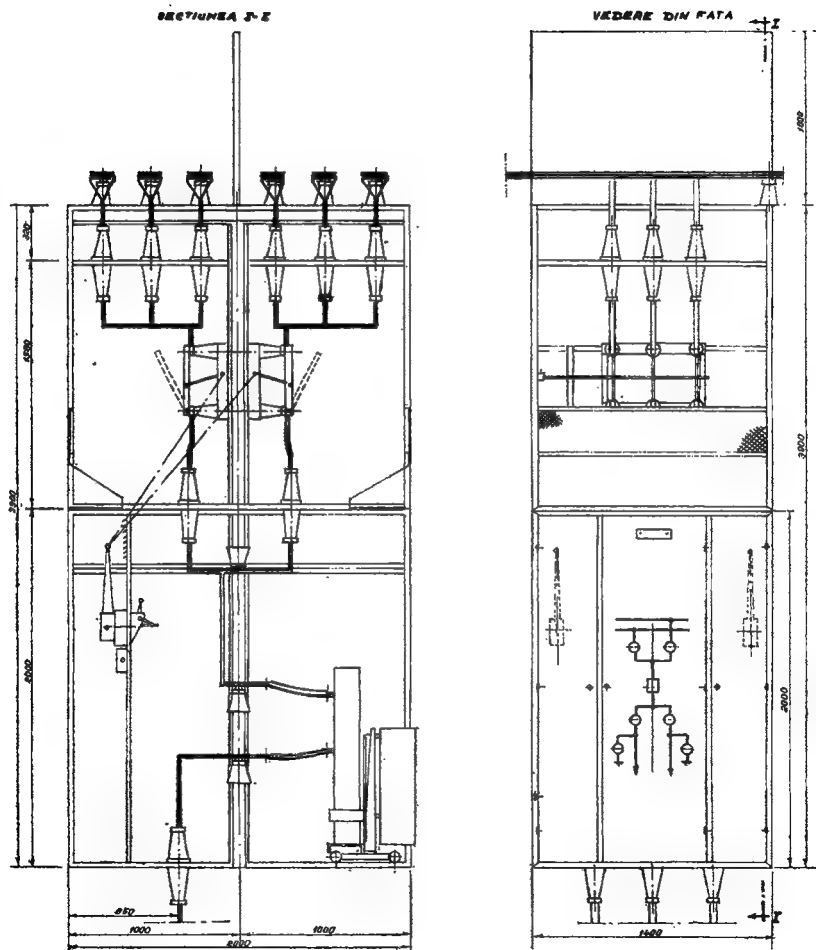




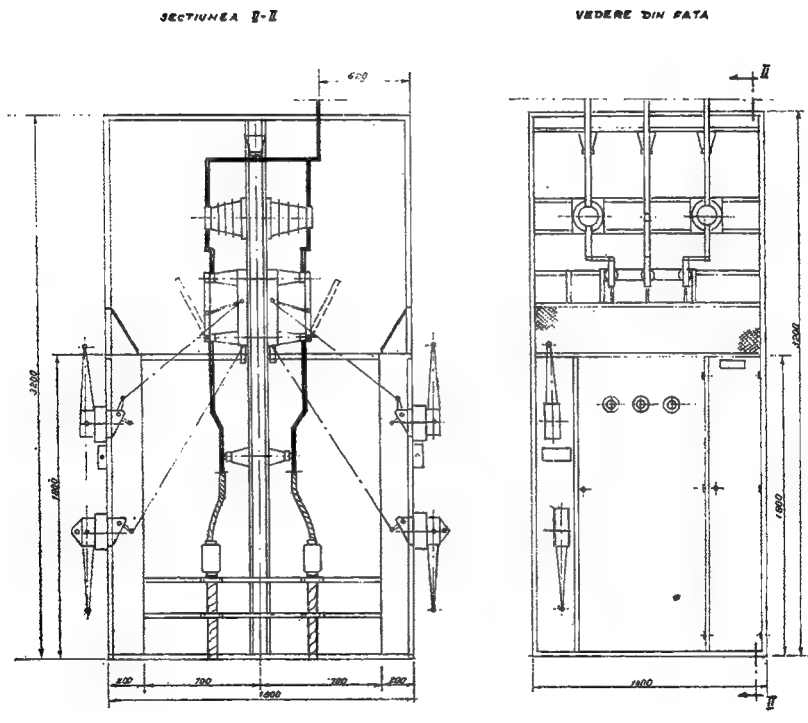
Celulă de tip deschis 10—20 kV, simplu sistem de bare.



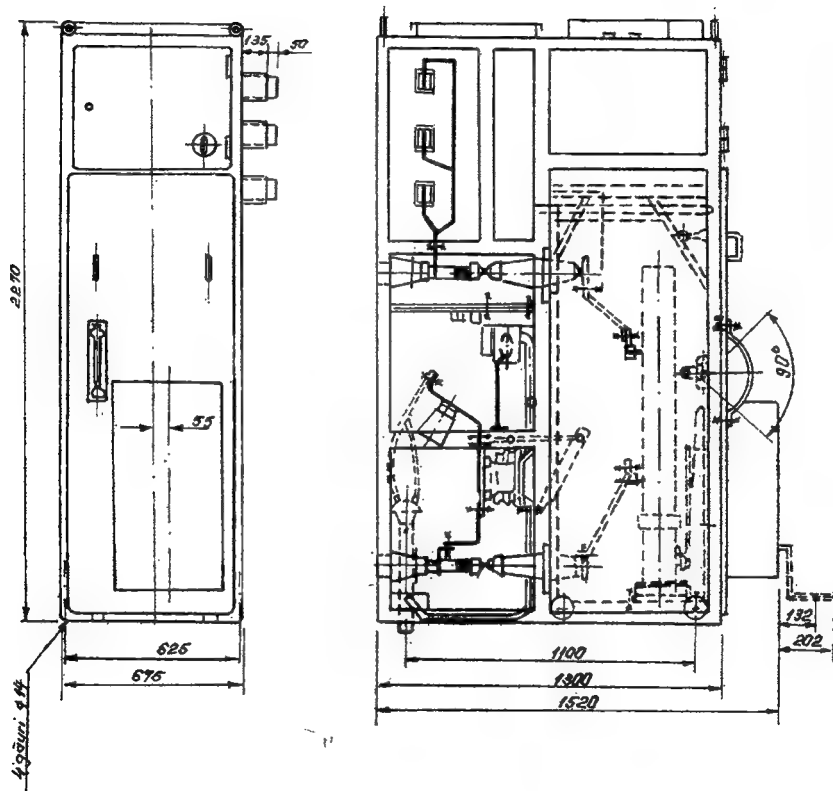
Celulă de tip deschis 10—20 kV, dublu sistem de bare.



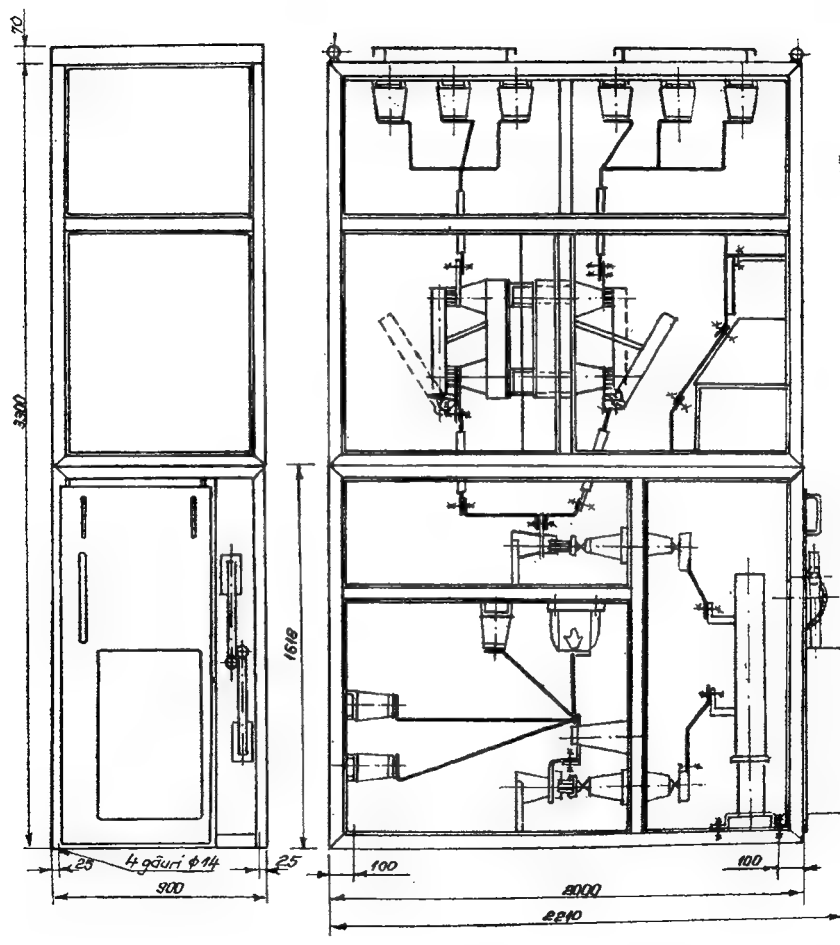
Celulă tip deschis 10 kV pe două niveluri (etaj).



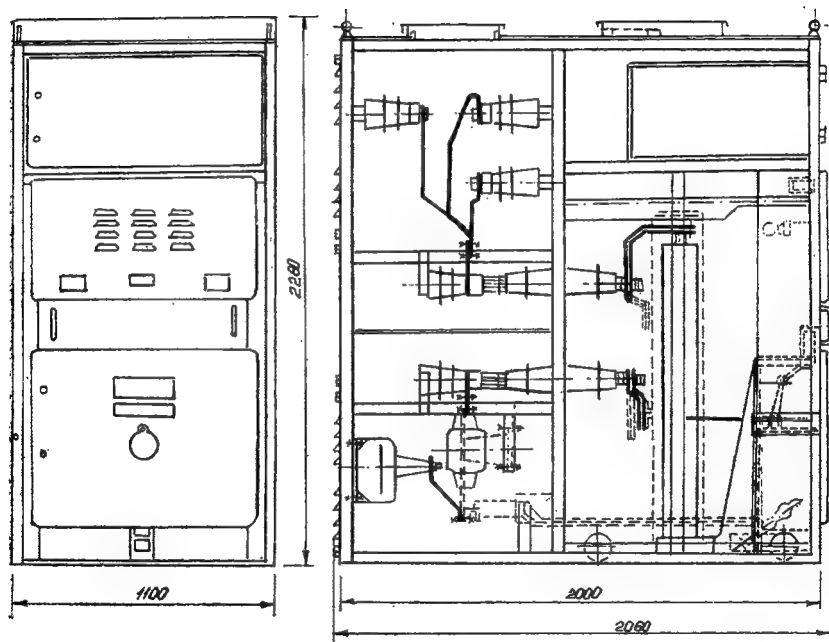
Celulă tip deschis 10 kV pe două niveluri (parter).



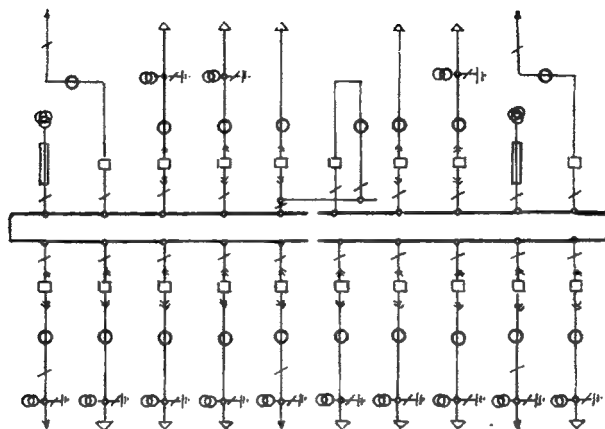
Celulă de tip închis 10 kV, simplu sistem de bare.



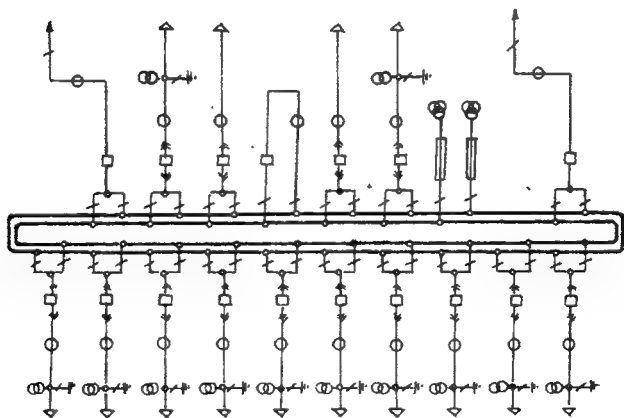
Celulă de tip închis 10 kV, dublu sistem de bare.



Celulă de tip închis 20 kV, simplu sistem de bare.



a — bare simple

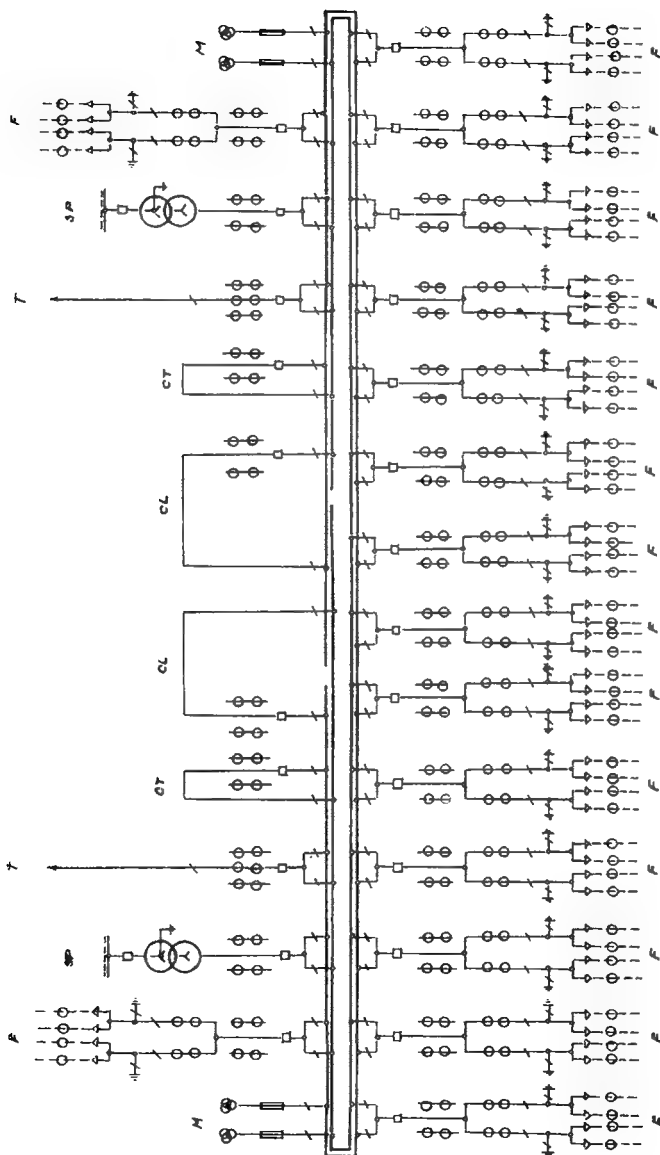


b — bare duble

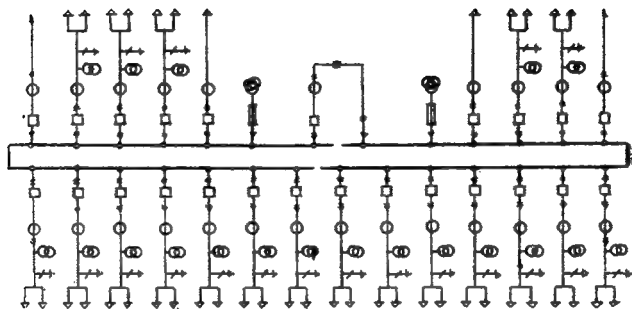
Scheme cu celule de tip deschis, pe un nivel



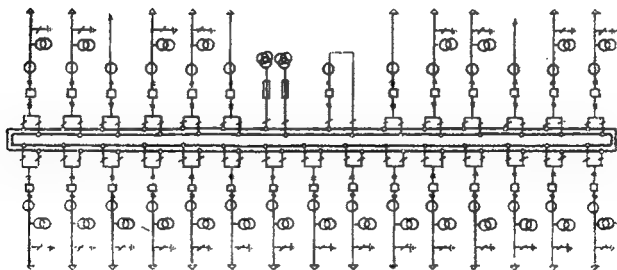
Anexa 9



Scheme cu celule de tip deschis, pe două niveluri

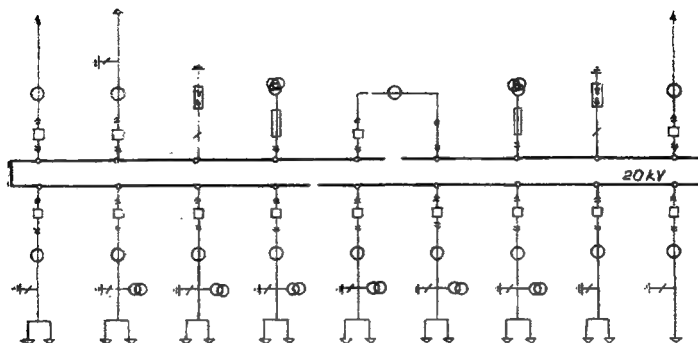


a — bare simple secționate

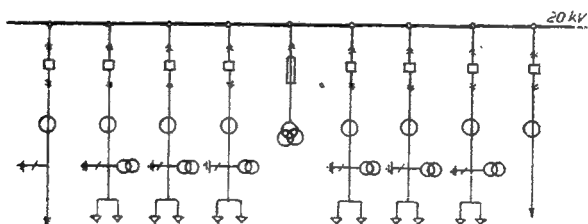


b — bare duble neseționate

Scheme cu celule de 6—10 kV de tip închis



a — bare simple secționare



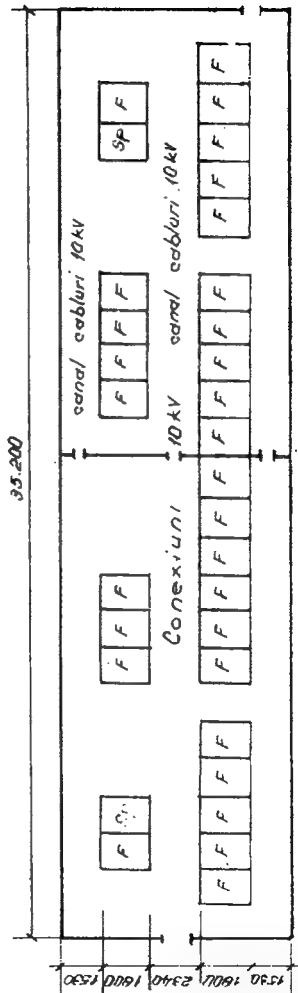
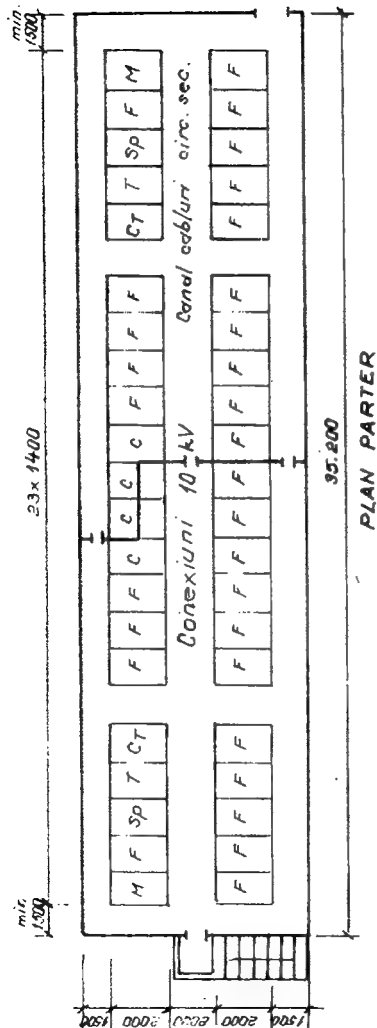
b — bare duble nesectionate

Scheme cu celule de 20 kV de tip închis



Anexa 13

## PLAN ETAJ



Dispoziții constructive pentru stații de distribuție 10 kV cu celule tip urban (pe 2 niveluri)



MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare Baterii de condensatoare șunt	PE 111-11/78																						
		Grupa 1 Electroener- getică																						
<div>C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Generalități . . . . .</td><td>435</td></tr><tr><td>2. Scheme electrice de alimentare a bateriilor de conden- satoare șunt de medie tensiune . . . . .</td><td>439</td></tr><tr><td>3. Scheme de conexiuni pentru bateriile de condensatoare .</td><td>440</td></tr><tr><td>4. Tipodimensiuni pentru baterii de condensatoare șunt de MT din stațiile de 110 kV/MT . . . . .</td><td>442</td></tr><tr><td>5. Alegerea și dimensionarea bateriilor</td><td>443</td></tr><tr><td>6. Instalarea bateriilor de condensatoare . . . . .</td><td>452</td></tr><tr><td>7. Condiții de întreținere și exploatare a bateriilor de con- densatoare . . . . .</td><td>458</td></tr><tr><td>8. Măsuri specifice de protecție a muncii și prevenire și stingere a incendiilor . . . . .</td><td>461</td></tr><tr><td>9. Exemplu de calcul</td><td>463</td></tr><tr><td>Anexe . . . . .</td><td>467</td></tr></table>				Pag.	1. Generalități . . . . .	435	2. Scheme electrice de alimentare a bateriilor de conden- satoare șunt de medie tensiune . . . . .	439	3. Scheme de conexiuni pentru bateriile de condensatoare .	440	4. Tipodimensiuni pentru baterii de condensatoare șunt de MT din stațiile de 110 kV/MT . . . . .	442	5. Alegerea și dimensionarea bateriilor	443	6. Instalarea bateriilor de condensatoare . . . . .	452	7. Condiții de întreținere și exploatare a bateriilor de con- densatoare . . . . .	458	8. Măsuri specifice de protecție a muncii și prevenire și stingere a incendiilor . . . . .	461	9. Exemplu de calcul	463	Anexe . . . . .	467
	Pag.																							
1. Generalități . . . . .	435																							
2. Scheme electrice de alimentare a bateriilor de conden- satoare șunt de medie tensiune . . . . .	439																							
3. Scheme de conexiuni pentru bateriile de condensatoare .	440																							
4. Tipodimensiuni pentru baterii de condensatoare șunt de MT din stațiile de 110 kV/MT . . . . .	442																							
5. Alegerea și dimensionarea bateriilor	443																							
6. Instalarea bateriilor de condensatoare . . . . .	452																							
7. Condiții de întreținere și exploatare a bateriilor de con- densatoare . . . . .	458																							
8. Măsuri specifice de protecție a muncii și prevenire și stingere a incendiilor . . . . .	461																							
9. Exemplu de calcul	463																							
Anexe . . . . .	467																							
Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 396/78	Inlocuiește :	Data intrării în vigoare : 1 iulie 1978																						





## 1. GENERALITĂȚI

Dezvoltarea neincetată a sistemului energetic și necesitatea reducerii consumului propriu tehnologic din rețelele electrice de distribuție au condus în prima etapă la implementarea bateriilor de condensatoare sunt de medie tensiune în stațiile de 110 kV/MT.

Lucrarea de față are drept scop uniformizarea concepției de proiectare a instalațiilor de condensatoare de medie tensiune.

### 1.1. Domeniul de aplicare

**1.1.1.** Prezentele instrucțiuni se aplică la proiectarea instalațiilor de condensatoare sunt de 6—20 kV care se amplasează în stațiile de transformare de 110 kV/MT.

**1.1.2.** Bateriile de condensatoare care fac obiectul instrucțiunilor de față sînt baterii trifazate în conexiune stea, cu neutrul izolat față de pămînt. Ele pot fi comutabile manual sau automat, cu una sau mai multe trepte de puteri egale.

**1.1.3.** Instrucțiunile se aplică la stații noi sau stații existente în cazul extinderilor sau altor amenajări, în urma cărora se modifică circulația de putere reactivă sau configurația rețelilor din zonă.

**1.1.4.** Aceste instrucțiuni nu se aplică în cazul în care sistemul energetic din zonă prezintă regim deformant peste 5%, caz în care în etapa actuală nu se montează baterii de condensatoare (a se consulta normativul PE 143).

### 1.2. Legislația tehnică

#### ◆ 1.2.1. Prescripții :

**PE 101/77** — Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.

- 
- PE 103/70** — Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la sollicitări mecanice și termice, în condițiile curenților de scurtcircuit.
- PE 107/78** — Normativ pentru proiectarea și execuția rețelilor de cabluri electrice.
- PE 109/74** — Normativ privind alegerea izolației, coordonarea izolației și protecția instalațiilor electroenergetice împotriva supratensiunilor.
- PE 111-7/75** — Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare. Circuite secundare.
- PE 120/75** — Instrucțiuni pentru compensarea puterii reactive în rețelele electrice de distribuție exploatare de IRE.
- PE 126/73** — Regulament de exploatare tehnică a echipamentelor electrice.
- PE 134/74** — Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit în rețelele electrice cu tensiuni peste 1 kV.
- 1 9 7 5** — Norme republicane de protecție a muncii.
- PE 119/71** — Norme de protecție a muncii pentru instalații electrice.
- 1 9 7 6** — Condiții tehnice pentru condensatoare de forță.
- PE 857/74** — Condiții tehnice pentru celule prefabricate de tip închis de medie tensiune.
- PE 869/77** — Condiții tehnice pentru celule de stații de tip deschis.
- 1 9 7 7** — Condiții tehnice pentru baterii de condensatoare de medie tensiune.
- 3E-191/77** — Instrucțiuni de exploatare, verificare și întreținere a bateriilor de condensatoare.
- 1E-1p 19/78** — Îndreptar de proiectare pentru bateriile de condensatoare din stațiile de 110 kV/MT.
- CEI 70/75** — Condensatoare șunt pentru rețele electrice.
- 33 (Secretariat/66)**
- PE 143/80** — Normativ privind limitarea regimului deformat.

### 1.2.2. Proiecte tip :

- R 220/74** — Stații de conexiuni de medie tensiune 6—20 kV cu celule tip deschis.
- R 402/75** — Stații de conexiuni 6—10 kV cu celule tip închis.
- R 445/76** — Stații de conexiuni 20 kV cu celule tip închis (sistem simplu de bare).
- R 447/76** — Detalii pentru montarea condensatoarelor pe partea de MT în stațiile de 110 kV/MT.

## 1.3. Terminologie utilizată, definiții

### 1.3.1. Element de condensator (sau element)

Partea indivizibilă a unui condensator, constituită din armături separate printr-un dielectric.

### 1.3.2. Condensator (sau unitate)

Ansamblu format din unul sau mai multe elemente așezate într-o singură cuvă și legate la bornele de ieșire.

### 1.3.3. Baterie de condensatoare (sau baterie, treaptă)

Ansamblu de unități monofazate racordate electric între ele pentru a constitui un sistem de conexiune trifazat.

### 1.3.4. Instalație de condensatoare

Ansamblu constituit din bateria de condensatoare, celulele de medie tensiune de alimentare, cablurile de racordare și dulapurile de comandă și protecție.

### 1.3.5. Dispozitiv de descărcare

Dispozitiv conectat între bornele sau barele bateriei, capabil să reducă automat, practic la zero, tensiunea reziduală, atunci când bateria este separată de rețeaua de alimentare.

### 1.3.6. Tensiunea nominală a condensatorului ( $U_n$ )

Valoarea efectivă a tensiunii între borne pentru care condensatorul a fost conceput să o poată suporta continuu.

### 1.3.7. Nivel de izolație

Combinație a valorilor tensiunilor de încercare (la frecvență industrială și la impuls), care caracterizează aptitudinea izolației, dintre bornele de ieșire ale bateriei și părțile metalice legate la pământ, de a suporta solicitările dielectrice.

### 1.3.8. Puterea nominală a condensatorului ( $Q_n$ )

Puterea reactivă, la tensiunea nominală și la frecvența nominală, pentru care a fost realizat condensatorul.

### 1.3.9. Curent nominal

Valoarea efectivă a curentului ce trece printr-o bornă de ieșire a condensatorului, cînd acesta furnizează puterea sa nominală la tensiunea și frecvența nominală.

### 1.3.10. Capacitate nominală ( $C_n$ )

Valoarea proiectată a capacității între bornele condensatorului care funcționează în condiții de încercare specificate.

### 1.3.11. Categorie de temperatură

Interval de temperatură definit prin :

- a) temperatura minimă a aerului ambiant la care condensatorul poate fi pus sub tensiune și poate funcționa ;
- b) temperatura maximă a aerului ambiant la care se permite funcționarea de durată la parametri nominali ai condensatorului.

### 1.3.12. Celulă generală de MT

Celula de condensator, racordată direct la barele principale ale stației de distribuție, destinată alimentării unei baterii de condensatoare cu mai multe trepte de putere.

### 1.3.13. Celulă de treaptă de MT

Celula de condensator destinată alimentării unei trepte de putere a bateriei și care este alimentată la rîndul ei de la barele principale prin celulă generală de MT.

### NOTĂ :

*În anexa 1 sînt indicate exemple de scheme electrice de alimentare a bateriilor de condensatoare prin celule generale și de treaptă.*

## 2. SCHEME ELECTRICE DE ALIMENTARE A BATERIILOR DE CONDENSATOARE ȘUNT DE MEDIE TENSIUNE

2.1. Bateriile de condensatoare care se racordează pe partea de medie tensiune a stațiilor de 110 kV vor fi cu comandă manuală sau automată, cu una sau mai multe trepte de putere, cu sau fără celulă generală (anexa 1).

2.2. Bateriile cu o treaptă se alimentează în cablu de la celula de condensator din stația de distribuție de 6, 10 sau 20 kV (anexa 1, fig. 1), care este echipată cu următorul aparat primar :

- separator de bare (în cazul celulelor de tip deschis și al celulelor de tip închis dublu sistem de bare) ;

- întreruptor automat ;

- transformator de curent ;

- cuțite de legare la pământ.

2.3. Bateriile cu mai multe trepte (se recomandă maximum trei) pot fi cu celulă generală (anexa 1, fig. 2, 3) sau fără celulă generală (anexa 1, fig. 4, 5) în funcție de :

- spațiul disponibil în stația de distribuție ;

- rezultatul comparației tehnico-economice a celor două soluții.

### NOTĂ :

*Aparatajul de protecție poate fi montat, după caz, la celula de condensator sau în camera de comandă.*

2.4. Bateriile cu mai multe trepte fără celulă generală se recomandă cu prioritate, din următoarele considerente :

- număr redus de celule ;

- schemă de alimentare simplă.

2.5. Bateriile cu mai multe trepte și celulă generală pot avea celule de treaptă echipate cu întreruptor sau contactor în măsura asimilării acestuia în țară.

### 3. SCHEME DE CONEXIUNI PENTRU BATERIILE DE CONDENSATOARE

3.1. Bateriile de condensatoare de MT se amplasează de regulă în stațiile exterioare de 110 kV.

3.2. Amplasarea în interior a bateriilor este necesară numai în cazul zonelor cu grad de poluare III și IV, când se utilizează condensatoare tip ISOKOND care nu sînt destinate funcționării în astfel de zone (anexa 2, poz. 1 ... 4).

3.3. Schemele de conexiuni pentru bateriile de condensatoare trifazate sunt de medie tensiune se realizează, de regulă, în dublă stea cu neutrele izolate față de pămînt (fig. 1).

3.4. Pe legătura dintre neutre se montează un transformator de curent de tip exterior (ex. CESU-35, 30/5/5 A), cu care se realizează o protecție diferențială de curent eficientă în cazul defectelor interne în condensatoare.

3.5. Nu se recomandă proiectarea bateriilor de condensatoare conectate în simplă stea (fig. 2), deoarece această soluție nu asigură protecția bateriilor la defecte interne în unități.

3.6. Obținerea bateriilor de o anumită putere se realizează prin conectarea mai multor ramuri în paralel pe fază (fig. 3 și anexa 4, fila 1), iar pentru obținerea bateriilor de o anumită tensiune (6, 10 sau 20 kV), atunci cînd tensiunea fiecărui condensator este inferioară celei nominale a rețelei, se conectează în serie pe fază mai multe unități (fig. 4 și anexa 4, fila 2).

#### NOTĂ :

*În cazul utilizării condensatoarelor de tip ISOKOND sau românești, bateriile de 6 kV se execută cu o unitate de 3, 64 kV pe fază, iar bateriile de 10 kV și 20 kV cu o unitate, respectiv două unități de 6,3 kV, în serie pe fază.*

*Detalii privitoare la conectarea condensatoarelor sînt prezentate în proiectul tip R 447/76.*

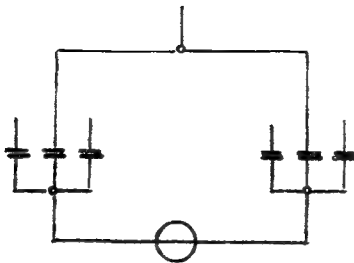


Fig. 1



Fig. 2

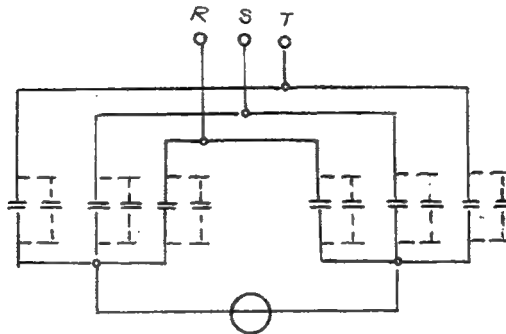


Fig. 3

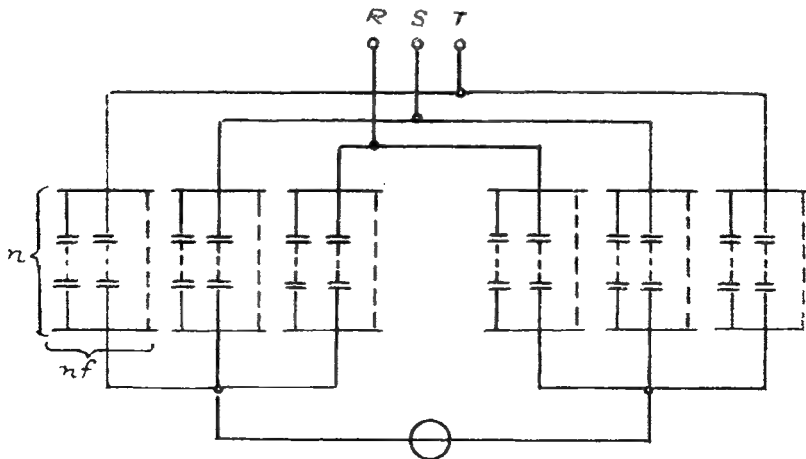


Fig. 4

#### 4. TIPODIMENSIUNI PENTRU BATERII DE CONDENSATOARE ȘUNT DE MT DIN STAȚIILE DE 110 kV/MT

4.1. Bateriile de condensatoare se recomandă a se executa din unități monofazate de 100 kVar, în scopul obținerii unei puteri mari cu număr minim de condensatoare.

4.2. Bateriile de 6 și 10 kV se realizează de regulă cu puteri pînă la 3 MVar pe treaptă.

4.3. Bateriile de 20 kV se pot executa cu puteri pînă la 14 MVar, pe treaptă, însă din considerente constructive se recomandă maximum 6 MVar pe treaptă.

4.4. Tipodimensiunile recomandate pentru bateriile cu 1—3 trepte de puteri egale sînt incluse în tabelul 1.

4.5. Puterea unei trepte se determină cu relația :

$$Q = N \cdot Q_n \text{ (MVar)}$$

în care :

N este numărul de condensatoare al unei trepte de baterie trifazată ;

$Q_n$  — puterea nominală a unui condensator, MVar.

Tabelul 1

Nr. crt.	Tensiunea nominală a bateriei, kV	Tensiunea nominală a condensatorului, kV	Nr. de trepte $\times$ puterea unei trepte, MVar
1	6	3,64	1 $\times$ 1,2 1 (2) $\times$ 1,8 1 (2, 3) $\times$ 2,4 1 $\times$ 3
2	10	6,3	Idem
3	20	6,3	1 (2) $\times$ 1,2 1 $\times$ 1,8 1 (2) $\times$ 2,4 1 $\times$ 4,8 1 $\times$ 6



**4.6.** Numărul de condensatoare al unei baterii trifazate se obține cu relația :

$$N = 3 \cdot m \cdot n \cdot n_f$$

în care :

- m este numărul stelelor ( $m=2$  în soluția recomandată) ;
- n — numărul de condensatoare monofazate în serie pe ramură (fig. 4) ;
- $n_f$  — numărul de ramuri în paralel pe fază și stea (fig. 4).

## 5. ALEGEREA ȘI DIMENSIONAREA BATERIILOR

### 5.1. Încadrarea bateriilor în sistemul energetic

Modul de realizare a compensării și criteriile tehnico-economice de comparare a variantelor pentru alegerea soluției optime de compensare a puterii reactive în rețelele IRE se stabilesc în conformitate cu PE 120 „Instrucțiuni privind compensarea puterii reactive în rețelele de distribuție exploatare de IRE“.

**5.1.1.** Amplasarea și dimensionarea corectă a bateriilor de condensatoare sunt se realizează în urma analizei structurii sistemului energetic din zona respectivă și a ridicării curbei de sarcină reactivă în 24 ore.

**5.1.2.** În baza variației consumului de energie reactivă se stabilește tipul bateriei de condensatoare :

- cu o treaptă de putere ;
- cu mai multe trepte.

**5.1.3.** Adoptarea soluției cu trepte se face îndeosebi la bateriile cu puteri mari (ex. peste 1, 2 MVar).

**5.1.4.** În scopul evitării amplasării și punerii în funcțiune a bateriilor de condensatoare în noduri de rețea care prezintă regim deformant peste limita admisă, IRE va comanda la ICEMENERG sau PRAM efectuarea măsurărilor pentru

depistarea armonicilor perturbatoare înainte de elaborarea proiectelor și după realizarea investițiilor, înainte de punerea în funcțiune.

**5.1.5.** Pentru cazul în care se impune montarea bateriilor în amplasamente unde se semnalează armonici de ordinul 5 și 7 se vor prevedea filtre de armonici (a se consulta și normativul PE 143).

## 5.2. Regimuri de funcționare a bateriilor sunt

Prezența bateriilor de condensatoare în rețelele electrice determină fenomene tranzitorii la conectarea, deconectarea și descărcarea automată a bateriilor.

### 5.2.1. Conectarea bateriilor de condensatoare

a) La conectarea bateriilor cu o treaptă de putere se produce un șoc de curent care se calculează cu relația simplificată (conform CEI 70) :

$$I_{\text{ș}} \approx I_n \sqrt{\frac{2 S_k}{Q}} \text{ (kA)},$$

în care :

$I_n$  este curentul nominal al bateriei (kA), care se calculează cu relația :

$$I_n = \frac{Q}{\sqrt{3 \cdot U_{Mr}}};$$

$Q$  — puterea bateriei, MVar;

$U_{Mr}$  — tensiunea maximă de serviciu a rețelei, kV ;

$S_k$  — puterea de scurtcircuit pe barele de medie tensiune, MVA.

La conectarea unei trepte dintr-o baterie de condensatoare în paralel cu mai multe trepte în funcțiune, valoarea curentului de șoc se calculează cu relația simplificată :

$$I_{\text{ș}} = \frac{U \sqrt{2}}{\sqrt{X_C + X_L}} \text{ (kA)},$$

în care :

$U$  este tensiunea de fază, kV ;

$X_C$  — reactanța capacitivă totală pe fază, k $\Omega$  ;

$X_L$  — reactanța inductivă pe fază între trepte, k $\Omega$ .

La depășirea șocului de curent în cazul bateriilor cu mai multe trepte se recomandă mărirea lungimii cablurilor de racord.

#### NOTĂ :

*Pentru relații de calcul suplimentare se va consulta „Îndreptarul de proiectare pentru bateriile de condensatoare din stațiile de 110 kV/MT” indicativ 1.E.-Ip 19-78.*

Valoarea curentului de conectare nu trebuie să depășească valoarea curentului de șoc al întreruptorului folosit ca aparat de comutare.

Curentul de conectare, deși are o valoare mare, nu produce în rețea efecte defavorabile, datorită duratei scurte.

b) La conectarea bateriilor de condensatoare șunt se produce un șoc de tensiune pe barele de medie tensiune, care nu trebuie să depășească 30% din tensiunea nominală a rețelei și care se calculează cu relația din PE 120 :

$$\Delta U^0_0 = \frac{Q}{S_k} \cdot 100$$

La depășirea șocului de tensiune admisibil se recomandă funcționarea bateriei în trepte chiar dacă din alte considerente de proiectare (necesar de reactiv și curba de variație a acestuia) nu se impune fracționarea bateriei.

Conectarea unei baterii se execută numai dacă aceasta este complet descărcată, deoarece pot apare supratensiuni și supracurenți de valori mari, care pot conduce la deteriorarea instalației și la perturbații în sistemul energetic.

#### 5.2.2. Deconectarea bateriei

Fenomenul de deconectare a bateriilor de condensatoare este dependent de caracteristicile întreruptorului, respectiv de curentul capacitiv maxim care poate fi rupt de acesta.

### 5.2.3. Descărcarea bateriei

Regimul de descărcare a bateriilor de condensatoare se impune din considerentele expuse la pct. 5.2.1. b., precum și în scopul asigurării desfășurării lucrărilor de revizii și reparații în condiții depline de securitate a muncii.

În procesul de descărcare a unei baterii de condensatoare interesează îndeosebi timpul în care are loc descărcarea, astfel ca tensiunea remanentă la bornele bateriei să nu prezinte pericol pentru personalul de exploatare.

În acest scop bateria se prevede cu o instalație fixă de descărcare, avînd rolul ca după deconectare să asigure reducerea tensiunii sub 50 V într-un timp de maximum 5 min. Descărcarea se face automat, prin înfășurările a două transformatoare de tensiune bifazate, conectate în triunghi deschis și racordate nemijlocit la bornele bateriei de condensatoare (a treptei) fără aparate de conectare sau protecție.

Înfășurările primare ale transformatoarelor se conectează ca în figura 5.

Pentru asigurarea parametrilor indicați mai sus rezistența circuitului de descărcare se calculează cu relația :

$$R \leq \frac{t}{C \ln \frac{U_n \sqrt{2}}{U_R}} \quad (\text{M}\Omega)$$

în care :

$t = 300$  s, timpul maxim admis pentru descărcare de la  $U_n \sqrt{2}$  la  $U_R$ ;

$C$  este capacitatea baterie (sau a treptei) pe fază,  $\mu\text{F}$  ;

$U_n$  — tensiunea nominală a bateriei, V ;

$U_R = 50$  V, tensiunea reziduală admisă.

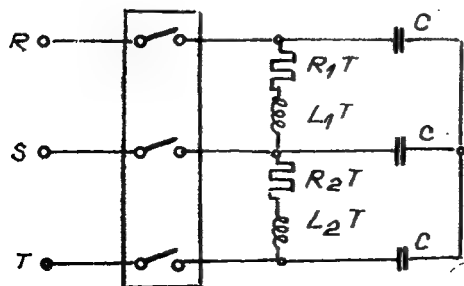


Fig. 5. Schema echivalentă a unei baterii de condensatoare descărcată prin două transformatoare de tensiune în triunghi deschis.

### 5.3. Condiții de funcționare

**5.3.1.** Repartiția condensatoarelor pe fază se va face cu o abatere maximă a capacităților de la :

— 0 la +10% pentru bateriile cu puterea nominală inferioară sau egală cu 3 MVar și

— 0 la +5% pentru bateriile cu puterea nominală peste 3 MVar.

**5.3.2.** Bateria de condensatoare trebuie să suporte în funcționare continuă un curent de maximum 1,3 In. Ținând seama de toleranța de capacitate de 1,1 Cn, curentul maxim posibil poate fi de 1,43 In ( $1,3 \times 1,1$  In) valoare de care trebuie să se țină seamă la dimensionarea aparatelor de comandă și protecție și a racordurilor.

**5.3.3.** Bateriile de condensatoare trebuie să suporte timp nelimitat o supratensiune de 1,1 Un.

**5.3.4.** Factorul deformant al undei de tensiune în nodul de rețea unde se instalează bateria trebuie să fie de maximum 5% (determinat prin măsurători).

**5.3.5.** Categoria de temperatură recomandată pentru bateriile de condensatoare este de  $-30^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}$ .

**5.3.6.** Condensatoarele pot funcționa la temperaturi inferioare celei minime a aerului ambiant, corespunzătoare categoriei de temperatură, cu condiția de a se evita punerea sub tensiune la aceste temperaturi.

### 5.4. Instalații de comandă și control aferente bateriilor de condensatoare

#### 5.4.1. Instalații de protecție prin relee

Bateriile de condensatoare de medie tensiune vor fi prevăzute cu următoarele tipuri de protecții prin relee :

a) *Protecția maximală de curent* protejează bateria de condensatoare în cazul creșterii curentului peste valorile nominale. Se va realiza în două trepte de reglaj cu relee maxime

de curent care acționează declanșarea întreruptorului în celula generală. Releele sînt alimentate de transformatoarele de curent din celula de condensator.

Reglajul curentului se va face astfel :

Treapta I acționează la scurtcircuit în baterie și se reglează la 3 In al bateriei de condensatoare :

$$I_{pr1} = K_{sig} \cdot \frac{I_{k. max.}}{n_c}$$

în care :

$K_{sig} = 1,3$  (coeficient de siguranță) ;

$I_{k. max.} \cong 3 I_n$  (curentul nominal al bateriei de condensatoare, A) ;

$n_c$  — raport de transformare al transformatoarelor de curent din celula de condensator.

Temporizarea se va regla între 0,2—0,5 s, astfel încît această protecție să nu comande declanșarea întreruptorului la curentul de șoc provocat de anclanșarea bateriei.

Treapta a II-a acționează la suprasarcină și se reglează la 1,3 In al bateriei de condensatoare :

$$I_{pr2} = \frac{K_{sig}}{K_{rev}} \cdot \frac{I_{sarc. max}}{n_c}$$

în care :

$K_{sig} = 1,15—1,25$  ;

$K_{rev} = 0,85$  ;

$I_{sarc. max} \cong 1,3 I_n$ .

Temporizarea se va regla între 1—5 s, cel puțin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare a protecției maxime de curent din stație, astfel încît în cazul unor nesimetrii de tensiune să nu se supraîncarce bateria.

b) *Protecția maximală de tensiune* pe bare protejează bateria de condensatoare împotriva creșterilor de tensiune peste limita de 10% admisă de baterie. Se va executa cu trei relee maxime de tensiune alimentate din celula de măsură de pe barele de medie tensiune la care se conectează bateria. Această protecție acționează cu temporizare declanșarea întreruptorului din celula generală.

Reglajul protecției se va face astfel :

$$U_{pr} = \frac{K_{sig}}{K_{rev}} \cdot \frac{1,1}{n_T} U_n$$

în care :

$$K_{sig} = 1,1 ;$$

$$K_{rev} = 0,85 ;$$

$$U_n \text{ — tensiunea nominală a barelor de MT (6, 10, 20 kV) ;}$$

$$n_T \text{ — raportul de transformare al transformatoarelor de tensiune din celula de măsură.}$$

Temporizarea va fi între 1—5 s cel puțin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare a protecției din stație.

c) *Protecția de minimă tensiune* acționează în cazul scăderii tensiunii pe bara la care este racordată bateria, de regulă în pauzele de tensiune provocate de AAR, în scopul evitării unor supratensiuni periculoase ce pot apare la anclanșarea întreruptorului sursei, dacă acționarea AAR găsește întreruptorul bateriei anclanșat (bateria nedescărcată).

Se va realiza cu două relee de minimă tensiune, alimentate de la transformatoarele de tensiune din celula de măsură de pe barele de MT la care se racordează bateria.

Reglajul protecției se va face astfel :

$$U_{pr} = \frac{1}{K_{sig} \cdot K_{rev}} \cdot \frac{0,6}{n_T} U_n$$

în care :

$$K_{sig} = 1,1 \text{ — } 1,15 ;$$

$$K_{rev} = 1,15 ;$$

$$0,6 U_n \text{ — tensiunea la care va acționa protecția.}$$

Temporizarea se va regla între 0—5 s, cu o treaptă de timp inferioară timpului de acționare al AAR.

### NOTĂ :

*În cazul în care stația de MT este prevăzută cu AAR rapid, aceasta, la declanșarea întreruptorului sursei de alimentare, va comanda și declanșarea întreruptorului bateriei.*

d) *Protecția diferențială de curent* este o protecție de bază împotriva defectelor interne în condensatoare.

Se va executa cu un releu maximal de curent cu posibilități de reglaj de la 0 la 5 A, alimentat de la un transformator de curent (ex. tip CESU-35, 30/5/5 A pentru baterii exterioare), conectat între punctele neutre ale stelelor bateriei de condensatoare (fig. 1, 3, 4).

Curentul din primarul transformatorului de curent, în funcție de numărul de elemente clacate dintr-un condensator, se calculează cu relația :

$$i_r = \frac{I_n}{2} \cdot \frac{q}{p-q}$$

în care :

- $I_n$  este curentul nominal al condensatorului defect, A ;
- $q$  — numărul grupelor de elemente în scurtcircuit din condensatorul defect, care conduc la declanșare ;
- $p$  — numărul grupelor de elemente în serie dintr-un condensator.

Reglajul protecției se va face cu formula :

$$I_{pr} = K_i \frac{i_r}{n_c}$$

în care :

- $K_i$  1,5 (coeficient de desensibilizare) ;
- $n_c$  — raport de transformare al transformatorului de curent.

Temporizarea se va regla la 0,3 s pentru evitarea declanșărilor la conectarea bateriei sau la un scurtcircuit în rețea.

#### NOTĂ :

a) *Protecția bateriilor de condensatoare mai prevede declanșarea temporizată a întreruptorului sursei de alimentare (din amonte), pentru cazul unui refuz de declanșare a întreruptorului bateriei la acționarea protecțiilor proprii (DRRI).*



b) *Circuitele de protecție ale unei baterii de condensatoare pot fi amplasate fie centralizat, în dulapuri de protecție amplasate în camera de comandă a stației, fie descentralizat, în compartimentul de aparate al celei de condensator respective.*

*Alegerea soluției se face în funcție de spațiul disponibil în camera de comandă.*

#### 5.4.2. Circuite de comandă

a) Bateriile de condensatoare trifazate de medie tensiune din stațiile de 110 kV/MT pot fi comandate manual sau automat.

b) Comanda manuală a bateriilor se realizează în cazul stațiilor cu personal de exploatare și, de regulă, la bateriile cu o singură treaptă de putere.

c) Comanda manuală se face în funcție de indicațiile varmetrului.

d) Comanda automată a bateriilor se impune la stațiile fără personal de exploatare și, de regulă, la bateriile cu mai multe trepte.

e) Comanda întreruptorului din celula de condensator racordată direct la barele stației se poate efectua la fața locului prin buton și de la distanță, din camera de comandă, manual sau automat.

f) Comanda automată a unei baterii de condensatoare se execută cu un bloc de comandă automată (BCA) montat în dulapul de comandă corespunzător. Acest aparat, care este un regulator electric tranzistorizat, asigură un reglaj automat al puterii reactive debitate de baterie.

#### 5.4.3. Circuite de control

a) *Circuitele de măsură vor include următoarele aparate :*

— pe celulă : ampermetru și contor de energie reactivă;

— pe dulapul de comandă și protecție : varmetru cu zero la mijloc, conectat pe partea de MT a transformatoarelor de 110 kV/MT și voltmetru pentru măsurarea tensiunii în circuitul bateriei.

b) *Circuitele de semnalizare* vor prevedea următoarele semnalizări :

- semnalizare optică de poziție ;
- semnalizare de avarie ;
- semnalizare preventivă.

c) *Circuitele de blocaj* vor realiza :

- blocarea anclanșării întreruptorului bateriei înainte de descărcarea acesteia ;
- blocarea accesului personalului de exploatare în incinta bateriei de condensatoare.

## 6. INSTALAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE

### 6.1. Niveluri de izolație ale condensatoarelor

Nivelul de izolație al condensatoarelor se alege, de regulă, conform STAS 6489, corespunzător tensiunii maxime pentru care este realizată unitatea.

### 6.2. Niveluri de izolație ale bateriilor de condensatoare

6.2.1. Nivelul de izolație a unei baterii de condensatoare trebuie să corespundă cu acela al rețelei la care este racordată.

6.2.2. Bateriile cu neutru izolat trebuie să aibă față de pământ nivelul de izolație prescris în tabelul 2.

6.2.3. Nivelul de izolație pe o fază a bateriei de condensatoare trebuie să fie cel puțin egal cu suma nivelurilor de izolație a unităților care sînt în paralel cu aceeași fază.

6.2.4. Izolația dintre conductoarele de alimentare a bateriei trebuie să aibă nivelul recomandat în tabelul 2.

6.2.5. Izolația dintre fazele bateriei în cazul montării suprapuse a fazelor trebuie să fie cel puțin egală cu valoarea izolației dintre conductoarele de alimentare.

6.2.6. La alegerea nivelului de izolație al bateriilor se vor lua în considerare următoarele :

Tabelul 2

Nr. crt.	Tensiunea cea mai ridicată pentru condensator, kV, valoare efectivă	Nivel de izolație	
		Tensiunea nominală de ținere la frecvența industrială, kV, valoare efectivă	Tensiunea nominală de ținere la unda de impuls, kV, valoare de virf
1	1,2	6	25
2	7,2	20	60
3	12,0	28	75
4	24,0	50	125

NOTĂ: Valorile de la poziția 1 corespund condensatoarelor tip KC 1,05 kV (U.R.S.S.).

a) în cazul în care nivelul de izolație a condensatoarelor este identic cu acela al bateriei (cazul bateriilor fără unități în serie pe fază), nu este necesară realizarea unei izolații exterioare suplimentare a unităților sau stativelor bateriei;

b) în cazul în care nivelul de izolație a unităților este inferior celui al bateriei (cazul bateriilor cu unități în serie pe fază), se impune executarea unei izolații exterioare suplimentare a unităților sau a stativelor.

### 6.3. Montarea bateriilor în exterior

**6.3.1.** Bateriile de condensatoare exterioare se instalează în spații îngrădite cu panouri din plasă de sîrmă.

**6.3.2.** Fiecare treaptă de putere a unei baterii de condensatoare se prevede cu împrejmuire proprie pentru crearea posibilității executării unor lucrări de revizii la o treaptă, cealaltă fiind în funcțiune.

**6.3.3.** Poarta împrejuririi se prevede cu un blocaj electromagnetic față de poziția închis a cuțitelor de legare la pămînt din celula de condensator (fig. 6).

**6.3.4.** Bateriile se montează pe stative metalice protejate împotriva coroziunii și confecționate, de regulă, din profile de oțel cu pereți subțiri laminate la rece. Stativele se fixează în fundații de beton.

a) Izolarea stativelor față de pământ (dacă este cazul) se execută cu suporturi izolante din porțelan tip 20 PB-124/4, NID 2769-70.

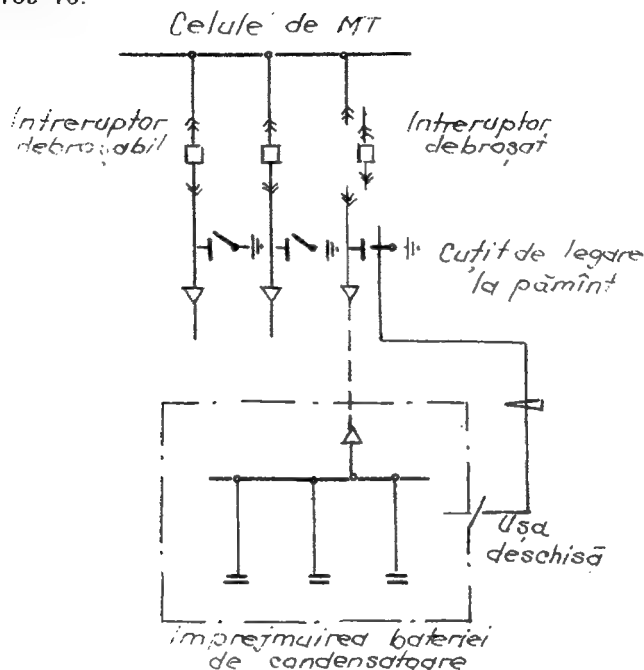


Fig. 6

b) Bateriile cu stative izolate se realizează cu fazele RST izolate față de pământ și între ele.

c) Stativele se racordează la centura de legare la pământ a bateriei direct sau prin intermediul unui cuțit de legare la pământ, după cum stativul este neizolat sau izolat față de pământ.

d) Stativele se vor verifica la seism în conformitate cu normativul P 100 și cu STAS 11100/1-77 „Zonare seismică. Macrozonarea teritoriului Republicii Socialiste România”.

6.3.5. Condensatoarele se aleg în proiect cu linia de fugă corespunzătoare gradului de poluare a zonei, conform tabelului 3.

Tabelul 3

Tipul zonei	Gradul de poluare al zonei	Lungimea liniei de fugă specifică minimă a Izolatorului condensatorului, cm/kV
Nepoluată	I	1,7
Uşor poluată	II	1,8
Poluată	III	2,7
Intens poluată	IV	3,5

**6.3.6.** Înainte de montare condensatoarele trebuie descărcate prin scurtcircuitarea bornelor cu o ştangă izolantă.

**6.3.7.** Înainte de montare condensatoarele trebuie măsurate şi sortate astfel încît la montaj să se obţină ramuri cît mai echilibrate, conform toleranţelor de capacitate (pct. 5.3.1.), în vederea sensibilizării protecţiei diferenţiale.

Echilibrarea bateriei se face astfel :

a) se întocmeşte lista cu valorile capacităţilor clasate în ordine crescătoare sau descrescătoare ; aceste valori se pot înscrie după borderourile de livrare sau după plăcuţele indicatoare ;

b) respectînd ordinea de pe listă, se împarte lotul în două grupuri multiplu de trei, cele două grupuri avînd de preferinţă acelaşi număr de unităţi, dar pot diferi cu multiplu de trei ;

c) se formează prima stea, repartizînd prima unitate pe faza R, a doua pe faza S şi a treia şi a patra pe faza T etc.

După ce toate unităţile destinate primei stele sînt repartizate, se obţine dispoziţia indicată în tabelul 4.

Tabelul 4

Faza	Numărul condensatorului			
R	1	6	7	12 etc.
S	2	5	8	11 etc.
T	3	4	9	10 etc.

NOTĂ: În acelaşi mod se formează şi cea de-a doua stea. Cu această metodă se obţine o echilibrare satisfăcătoare. Se poate aplica şi la extinderea bateriilor existente, cu condiţia ca acestea să fie bine echilibrate. În acest caz, după montarea unităţilor noi se va proceda la o verificare a echilibrării bateriei în conformitate cu instrucţiunile de exploatare a bateriilor de condensatoare.

**6.3.8.** Condensatoarele se montează, de regulă, în poziție verticală, avînd distanța dintre bazele cuvelor prescrisă de fabricant în instrucțiunile care însoțesc furnitura.

**6.3.9.** Condensatoarele se montează pe stative astfel încît plăcuțele cu date tehnice și avertizoare să fie ușor vizibile personalului de exploatare.

**6.3.10.** Nu se admite instalarea bateriilor în amplasamente cu vibrații sau șocuri.

**6.3.11.** Legăturile dintre aparate și la acestea se vor executa, de regulă, cu bare din aluminiu și conductoare din oțel-aluminiu.

Locurile de îmbinare a conductoarelor din metal diferite se vor proteja împotriva coroziunii.

**6.3.12.** Conexiunile dintre unități se execută cu conductoare flexibile, pentru evitarea solicitării bornelor la eforturi mecanice. Prinderea prin șuruburi trebuie executată astfel încît să se obțină o presiune de contact de durată.

**6.3.13.** Strîngerea piulițelor pe bolțul bornei se recomandă a se face cu o cheie avînd moment de strîngere reglabil (borna va fi ținută cu cheia sub piulița de strîngere, pentru evitarea deteriorării izolatorului).

**6.3.14.** Cuvele condensatoarelor se leagă galvanic cu stativele prin intermediul șurubului special destinat. Fixarea cuvelor se face astfel încît să existe spații pentru legarea conductorului de protecție.

**6.3.15.** Împrejmuirea metalică a bateriei, cutiile terminale și carcasele diverselor aparate electrice din incintă se vor racorda la centura de legare la pămînt a bateriei, amplasată în afara incintei și racordată la priza stației, în conformitate cu detaliile din proiectele tip în vigoare.

**6.3.16.** Protecția bateriilor de condensatoare împotriva radiațiilor solare, în cazul cînd este indicată de fabricant se realizează cu un parasolar executat din material ușor, rezistent la foc și la intemperii.

**6.3.17.** În incinta bateriei se amplasează, de regulă, transformatoarele de măsură necesare protecției diferențiale și descărcării automate a bateriei de condensatoare.

Transformatoarele de tensiune pentru descărcare vor fi de tip bifazat și se vor conecta între faze, conform figurii 5.

**6.3.18.** Protecția bateriilor de condensatoare împotriva loviturilor directe de trăsnet se va realiza prin încadrarea acestora în zona de protecție a stației respective, sau prin extinderea instalației de paratrăsnet a stației.

## 6.4. Montarea bateriilor în interior

**6.4.1.** Bateriile de condensatoare interioare se montează pe stativ metalice fixate în pardoseala încăperii.

**6.4.2.** Detaliile privind instalarea condensatoarelor și a aparatelor din incinta bateriei sînt conform pct. 6.3.4., 6.3.6., 6.3.7., 6.3.15., 6.3.17.

**6.4.3.** Condensatoarele trebuie dispuse astfel încît să permită evacuarea prin radiație și convecție a căldurii produse de pierderi.

**6.4.4.** Ventilația încăperii în care se află bateria de condensatoare trebuie să asigure o bună circulație a aerului în jurul fiecărei unități, fapt deosebit de important pentru condensatoarele dispuse pe mai multe niveluri.

### a) Ventilația naturală

Suprafața golurilor de ventilație (admisie sau evacuare) a aerului se va determina cu formula :

$$F = \frac{Q}{\sqrt{h}} \quad (\text{m}^2)$$

în care :

Q este puterea barei de condensatoare, MVA<sub>r</sub> ;

h — distanța dintre centrele golurilor de admisie și evacuare, m.

Golul de evacuare se recomandă a se executa cu 10% mai mare decît cel de admisie. Suprafețele calculate trebuie majorate cu suprafețele jaluzelelor și ale sitelor.

**b) Ventilația forțată**

În cazul în care ventilația naturală organizată nu asigură scăderea temperaturii aerului de răcire pînă la nivelul admis, trebuie prevăzută o ventilație mecanică, conectată după necesități, ce se va calcula în conformitate cu normativele M.E.E. în vigoare. În această situație valoarea medie în timp de 1 h a temperaturii aerului de răcire nu trebuie să depășească cu mai mult de 5°C temperatura indicată în anexa 2.

**6.4.5.** Încăperea bateriei de condensatoare trebuie să fie uscată, sigură din punctul de vedere al protecției contra incendiilor și contra exploziilor, fără praf, fără gaze agresive și să nu fie expusă la acțiunea unor temperaturi ridicate.

**6.4.6.** Dacă încăperea respectivă este prevăzută cu ferestre, bateria nu trebuie să fie expusă la lumina directă.

**6.4.7.** În cazul în care lungimea încăperii bateriei de condensatoare depășește 10 m, trebuie prevăzute două ieșiri așezate cît mai departe una de alta.

## **7. CONDIȚII DE ÎNTREȚINERE ȘI EXPLOATARE A BATERIILOR DE CONDENSATOARE**

**7.1.** Bateria de condensatoare poate fi conectată la rețea cînd este complet descărcată. Conectarea bateriilor la rețea în stare încărcată poate produce, în momentul conectării, supra-tensiuni și supracurenți.

**7.2.** Conectarea bateriilor după o deconectare repetată accidentală (de avarie) se admite numai după înlăturarea cauzelor care au condus la deconectare.

**7.3.** Bateria se scoate de sub tensiune în următoarele cazuri :

- străpungerea elementelor ;
- străpungerea la masă ;
- scurgerea dielectricului ;
- deteriorarea izolatoarelor din porțelan ;
- bombarea cuvei ;



- depășirea tensiunii normate cu peste 10% ;
- depășirea temperaturii mediului ambiant ;
- neuniformitatea sarcinii pe faze depășește 10% ;
- curentul pe baterie crește peste limita corespunzătoare unei supraîncălziri de 30% ;
- factorul deformant al undei de tensiune depășește 5%.

7.4. La scoaterea condensatoarelor din funcțiune pentru revizii trebuie luate următoarele măsuri :

- a) deconectarea întreruptorului bateriei ;
- b) urmărirea scăderii tensiunii la zero pe transformatoarele de descărcare ;
- c) luarea măsurilor de protecție a muncii conform cap. 8.

7.5. Pe lângă descărcarea automată, se execută și o descărcare suplimentară cu ștanga izolantă, care va scurtcircuita bornele condensatorului timp de 5 secunde.

7.6. După terminarea lucrărilor se îndepărtează toate legăturile de scurtcircuitare din zona condensatoarelor și de la celulă (unelte etc.).

7.7. Controlul vizual al bateriei se va efectua zilnic (unde este posibil) și se va urmări :

- apariția unui zgomot ;
- conturnările ;
- scurgerile de dielectric, bombarea pereților cuvei condensatoarelor.

7.8. Curățarea de praf a suprafeței condensatoarelor se va face lunar, în primul semestru de la darea în exploatare ; după acest interval se va face cu ocazia reviziilor planificate.

7.9. Verificarea capacității condensatoarelor și a ramurilor se va face trimestrial în primul semestru de exploatare, iar în continuare conform PE 116.

7.10. La instalațiile de condensatoare se vor efectua următoarele verificări profilactice, conform PE 116 :

- închiderea perfectă a contactelor întreruptoarelor (abatere de nesimultaneitate de maximum 5 ms) ;
- starea transformatoarelor de tensiune printr-o descărcare a bateriei ;
- starea legăturilor la baterie ;
- starea cuțitelor de legare la pământ ;

- reglajul și funcționarea releelor, BCA ;
- verificarea instalației de legare la pământ ;
- măsurarea timpului de descărcare a bateriei care nu trebuie să depășească 5 minute pentru ca tensiunea la borne să scadă la valori sub 50 V ;
- verificarea factorului deformant al undei de tensiune în nodul de rețea unde se instalează bateria, precum și caracteristicile circuitului.

**7.11.** Păstrarea și transportul condensatoarelor trebuie efectuate în ambalaj în conformitate cu instrucțiunile fabricantului, care însoțesc furnitura.

**7.12.** De regulă condensatoarele trebuie păstrate în poziție verticală, cu bornele în sus. Nu se admite așezarea suprapusă a unităților, mișcarea și ridicarea lor la borne.

**7.13.** Se admite păstrarea condensatoarelor fără ambalaj în încăperi închise.

**7.14.** Distanța minimă dintre condensatoarele alăturate trebuie să fie de 20 mm.

**7.15.** Nu se admite păstrarea condensatoarelor în încăperi cu pericol de incendiu sau explozii, cu gaze care atacă metalul sau izolatoarele. Nu se admite păstrarea unităților în apropierea surselor de căldură.

**7.16.** Deoarece condensatoarele utilizate pentru bateriile de medie tensiune au, de regulă, impregnantul pe bază de clordifenil, se impune luarea următoarelor măsuri pentru împiedicarea poluării zonei cu această substanță foarte toxică :

a) Terenul incintei bateriilor se va amenaja cu umplutură de pietriș, pentru prevenirea împrăștierei impregnantului pe sol în cazul scurgerii din cuve.

Detaliile privind amenajările de teren necesare sînt cuprinse în proiectul tip R 447-76 privind : „Detalii pentru montarea condensatoarelor pe partea de MT în stațiile de 110 kV/MT“.

b) În cazul apariției scurgerilor de impregnant, condensatorul trebuie trimis la constructor pentru reparație.

c) Impregnantul scurs trebuie acoperit cu rumeguș sau cu deșeuri textile, după care se arde la temperaturi înalte (circa 800°C).

d) Curățarea condensatoarelor și a stativelor acoperite cu impregnant se poate realiza cu solvenți ca tricloretilena și xilena, cu care vor fi dotate unitățile de exploatare a bateriilor de condensatoare.

e) Măsurile indicate la pct. a — e trebuie completate cu recomandările incluse în instrucțiunile furnizorului de condensatoare.

**7.17.** Condensatoarele defecte trebuie scurtcircuitate printr-un conductor (de la izolatoare spre cuvă). În timpul transportului se menține conductorul de scurtcircuitare în aceeași poziție.

## ◆ 8. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

**8.1.** Condițiile de tehnică a securității muncii s-au elaborat în ipoteza că bateriile de condensatoare nu prezintă pericol de incendiu.

**8.2.** În ceea ce privește pericolul de explozie, acesta nu este exclus. Măsurile de a împrejmuî incinta fiecărei baterii (sau trepte), de a bloca electromagnetic poarta în timpul funcționării și de a evita amplasarea bateriilor lângă căile cu circulație frecventă sînt satisfăcătoare.

**8.3.** Lucrările la instalația de condensatoare se vor executa cu întreruperea totală a tensiunii, cu respectarea măsurilor organizatorice de protecție a muncii pentru executarea de lucrări în instalația intrată în exploatare, conform NPM în vigoare și a instrucțiunilor specifice.

**8.4.** Fiecare condensator este prevăzut cu o placă inscripționată, în care se dau indicații privind atingerea bornelor. De exemplu, condensatoarele românești vor avea următoarea inscripție avertizoare :

„Înainte de a atinge bornele cu mîna, scurtcircuitați-le și legați la pămînt“.

**8.5.** Dacă bateria nu este conectată la rețea mai mult timp, va fi ținută legată la pământ prin cuțitele respective la bateriile izolate față de sol (pardoseală) sau prin scurtcircuitoare la bateriile cu stative neizolate.

**8.6.** Pe poarta (ușa) incintei bateriei se fixează o plăcuță avertizoare cu inscripția :

**ATENȚIE !**

**ÎNALTĂ TENSIUNE.**

**PERICOL DE MOARTE.**

**8.7.** Ca **măsuri de igienă a muncii** se vor respecta următoarele indicații :

**8.7.1.** Se va evita atingerea cu mîna descoperită a condensatoarelor care prezintă scurgeri dielectrice, întrucît acestea sînt toxice și nebiodegradabile.

**8.7.2.** În scopul prevenirii eventualelor îmbolnăviri prin pătrunderea impregnantului în organism, prin piele sau aparatul respirator, trebuie să se respecte următoarele :

a) după manipularea condensatoarelor se vor spăla mîinile cu apă caldă și săpun și se vor unge cu o cremă protectoare cu glicerină ;

b) dacă impregnantul a pătruns în ochi, aceștia trebuie clătiți cu o soluție de acid boric 3<sup>0</sup>/o.

**8.8.** Ca **măsuri de prevenire și stingere a incendiilor** se vor respecta următoarele indicații :

**8.8.1.** În incintele bateriilor de condensatoare este interzisă depozitarea oricăror materiale sau obiecte care nu au legătură directă cu exploatarea instalațiilor respective.

**8.8.2.** În caz de incendiu se va scoate de sub tensiune instalația respectivă precum și instalațiile vecine periclitate.

**8.8.3.** Dacă se produc depuneri periculoase de funingine pe izolatoarele instalațiilor rămase în funcțiune, acestea vor fi scoase de sub tensiune.

**8.8.4.** Pentru prevenirea incendiilor în gospodăria de cabluri aferentă instalației de condensatoare, se vor prevedea :

- îndepărtarea iutei și a bitumului, dacă este cazul, la cablurile pozate în interior ;
- ignifugarea cablurilor de circuite primare și secundare de interior ;
- izolarea intrării cablurilor în clădire cu material incombustibil ;
- asigurarea stingerii eventualelor incendii cu mijloace existente la dotarea stației, conform proiectelor tip în vigoare.

## 9. EXEMPLU DE CALCUL

**9.1.** Modul de realizare a compensării și criteriile tehnico-economice de comparare a variantelor pentru alegerea soluției optime de compensare a puterii reactive în rețelele IRE se stabilesc în conformitate cu PE 120 „Instrucțiuni privind compensarea puterii reactive în rețelele de distribuție exploatate de IRE“.

**9.2.** Amplasarea în teritoriu a bateriilor de condensatoare se face potrivit studiilor de dezvoltare a rețelelor electrice, având în vedere necesitățile de satisfacere a consumului de energie reactivă în scopul organizării funcționării economice și a posibilității funcționării în ansamblu a rețelelor de transport.

**9.3.** Din analiza situației energetice și a graficului de variație a puterii reactive în 24 h rezultă următoarele **date necesare pentru proiectare** :

- a) puterea necesară de compensat  $Q = 2,4$  MVar ;
- b) baterie trifazată cu o treaptă realizată din două stele ;
- c) amplasamentul bateriei într-o stație de 110/20 kV pe barele de 20 kV ;
- d) condensatorul utilizat este de tip LKCF 100/6,3 E, monofazat, de exterior, cu ambele borne izolate și având următoarele caracteristici :
  - $U_n = 6,3$  kV ;
  - $C_n = 8\mu F$  ;
  - $f = 50$  Hz ;
  - $Q_n = 100$  kVar ;

Tabelul 5

Tipul întreruptorului	Curentul de rupere capacitiv I <sub>c</sub> , A	Curentul de șoc maxim I <sub>ș</sub> , kA
IUPM-10/630	230	—
IO-10/630	315	52
IO-15/630	170	60
IO-20/630	400	43

— toleranța de capacitate :  $0 \div +10\%$  ;

— celula de condensator este echipată cu întreruptor IO-20/630 A, care are următoarele performanțe :

— curent de rupere în regim capacitiv : 400 A ;

— curent de șoc maxim : 43 kA ;

— puterea de scurtcircuit pe barele stației de 20 kV,  $S_x = 250$  MVA.

În tabelul 5 se dau unele caracteristici ale întreruptoarelor folosite frecvent la celulele de stații de MT.

## 9.4. Dimensionarea bateriei

### 9.4.1. Tensiunea nominală a bateriei

Tensiunea nominală a rețelei  $U_{nr} = 20$  kV

Tensiunea maximă de serviciu a rețelei :

$$U_{Mr} = U_{nr} + 5\% U_{nr} = 21 \text{ kV}$$

Pentru realizarea conexiunii în stea este necesar ca :

$$\frac{U_{Mr}}{\sqrt{3}} \leq U_n \quad (1)$$

în care :

$U_n$  este tensiunea nominală a condensatorului.

$$\frac{21}{\sqrt{3}} = 12 \text{ kV} > 6,3 \text{ kV}$$

Nefiind îndeplinită relația (1), se aplică relația (2) :

$$\frac{U_{Mr}}{\sqrt{3}} \leq n U_n, \text{ de unde rezultă } n \geq \frac{U_{Mr}}{\sqrt{3} U_n};$$

$$n = \frac{21}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1,93$$

Se aleg două condensatoare în serie pe ramură.

#### 9.4.2. Puterea nominală a bateriei

Condiția de anclanșare, rezultată din relația de la punctul 5.2.1. b, este :

$$\frac{S_k}{Q} \geq 33,3;$$

$$\frac{250}{2,4} = 104 > 33,3$$

Față de puterea maximă capacitivă ce poate fi deconectată de întreruptorul IO-20/630 A (obținută din relația  $I_n = \frac{Q}{\sqrt{3} U_n}$  de la pct. 5.2.1. a și ținând seamă de condiția de funcționare de 1,43  $I_n$  de la pct. 5.3.2.), rezultă :

$$Q \leq \sqrt{3} \frac{I_c}{1,43} U_{Mr}$$

$$Q \leq \sqrt{3} \frac{0,4}{1,43} \cdot 21 = 10,2 \text{ MVar.}$$

Deci 2,4 MVar (necesar) < 10,2 MVar (posibil).

#### 9.4.3. Numărul de condensatoare ale bateriei

Conform punctelor 4.5. și 4.6.

$$N = \frac{Q}{Q_n} = \frac{2,4}{0,1} = 24$$

Pentru conexiunea cu două stele (m), cu două condensatoare în serie pe ramură (n), rezultă un număr de ramuri în paralel :

$$n_f = \frac{N}{3.m.n.} = \frac{24}{3.2.2} = 2 \text{ (fig. 4 și anexa 4)}$$

## 9.5. Verificarea bateriei

### 9.5.1. Conectare

a) Șocul de tensiune :  $\Delta U \leq 3\%$  (pct. 5.2.1. b)

$$\Delta U = \frac{Q}{S_k} \cdot 100 = \frac{240}{250} = 0,96\% \ll 3\% \text{ adm.}$$

b) Șocul de curent : (pct. 5.2.1. a)

$$I_{\text{ș}} = I_n \sqrt{\frac{2 S_k}{Q}} ; \quad I_n = \frac{Q}{\sqrt{3} U_{\text{Mr}}} = \frac{2,4}{\sqrt{3} \cdot 21} = 0,067 \text{ kA}$$

$$I_{\text{ș}} = 0,067 \sqrt{\frac{2 \cdot 250}{2,4}} = 0,97 \text{ kA} \ll 43 \text{ kA adm. (tabelul 5).}$$

### 9.5.2. Deconectare

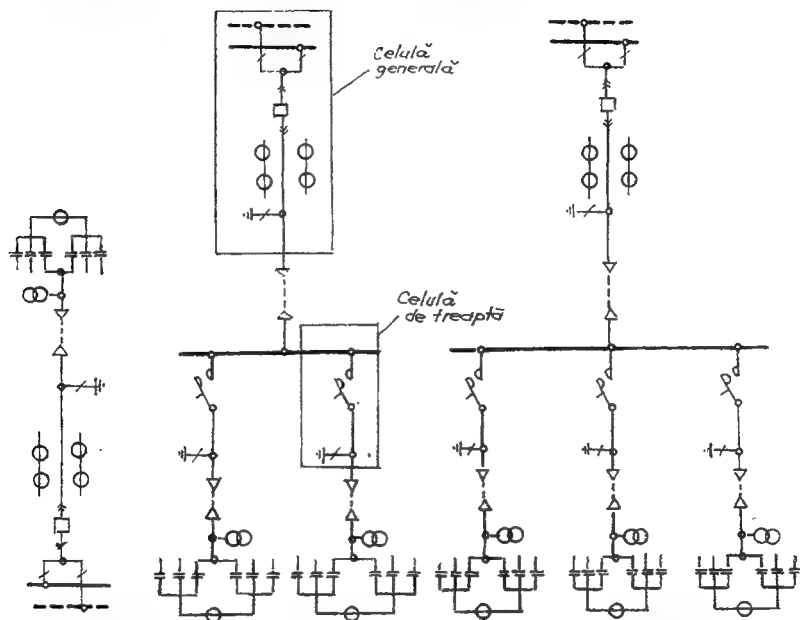
$I_n < I_c$  (vezi pct. 5.2.2.)

67 A  $\ll$  400 A adm.

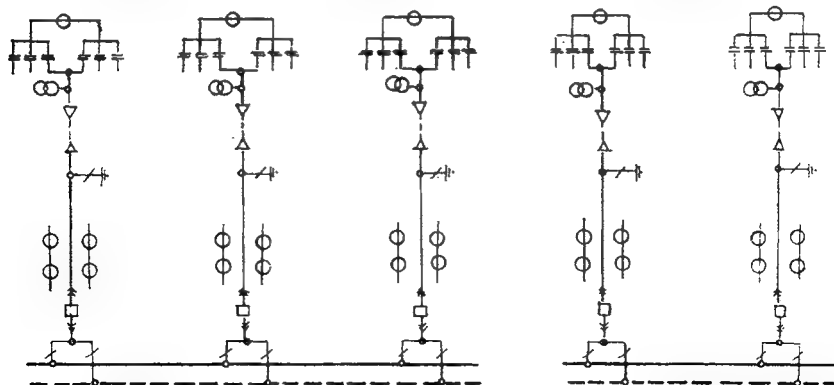
Condițiile de verificare fiind respectate, bateria de 20 kV 24 MVar cu o treaptă de putere se poate executa.



**Scheme electrice de alimentare a bateriilor de condensatoare  
șunt de medie tensiune**



**Fig. 1.** Baterie cu 1 treaptă. **Fig. 2.** Baterie cu 2 trepte cu celulă generală. **Fig. 3.** Baterie cu 3 trepte cu celulă generală.



**Fig. 4.** Baterie cu 3 trepte fără celulă generală.

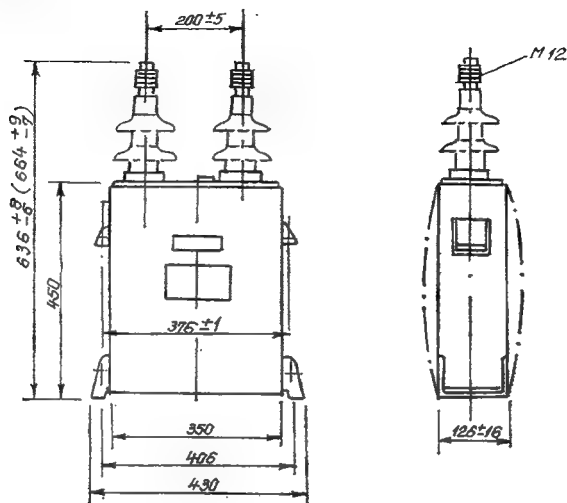
**Fig. 5.** Baterie cu 2 trepte fără celulă generală.

Tipuri de condensatoare de MT utilizate în stațiile de 110 kV/MT pentru bateriile șunt de MT

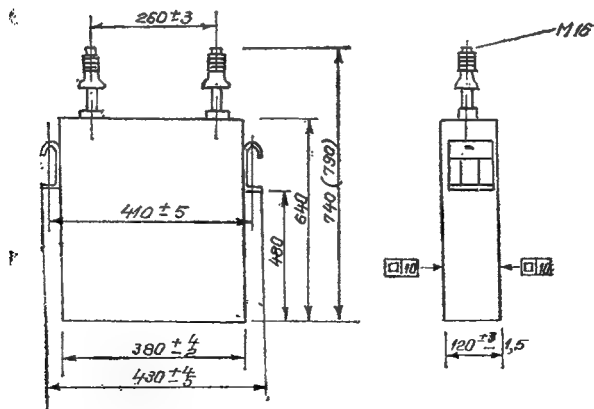
Nr. crt.	Tipul condensatorului	Puterea nominală (kVA)	Tensiunea nominală (kV)	Capacitatea nominală (μF)	Nivel izolator (kV)	Categoria de temperatură (°C)	Industria (mm)	Masa (kg)	Observații
1	LKCF 100/3,64 E	100	3,64	24	7,2	45	664 $\pm 8$ — 6	35	Fără siguranțe interioare Trebuie protejate împotriva radiațiilor solare Pentru zone cu grad de poluare I—II
2	LKCF 100/6,3 E ISOKOND, R.D.G.	100	6,3	8	12	45	636 $\pm 9$ — 7	35	
3	KC 2-1,05-60-2y1 U.R.S.S.	60	1,05	144	1,2	40	740 $\pm 7$	54	Cu siguranțe interioare Se protejează împotriva radiațiilor solare Zone cu grad de poluare I—II
4	KC 2-6,3-75-2y1 U.R.S.S.	75	6,3	6	7,2	40	790 $\pm 9$	54	Fără siguranțe interioare Se protejează împotriva radiațiilor solare Zone cu grad de poluare I—II
5	USOKP 167/6350 NOKIA, Finlanda	167	6,35	15,2	28		1010	53	Cu siguranțe interioare S-au livrat sub formă de baterie completă
6	CS-3,64/50-100-2 E R.S.R.	100	3,64	24 $\pm 10^{0/10}$ — 5%	7,2	40	723		{ Fără siguranțe interioare Se construiesc și pentru zone poluate
7	CS-6,06/50-100-2 E R.S.R.	100	6,06	8,65 $\pm 10^{0/10}$ — 5%	12	40			

## Anexa 3

## Condensatoare de medie tensiune utilizate în stațiile de 110 kV/MT

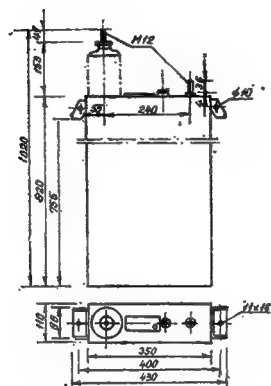


CONDENSATOR. TIP LKCF 100/3,64E (100/5,3E)  
130KOND - R.D.G.

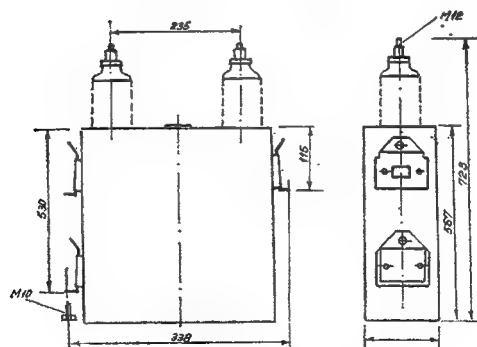


CONDENSATOR. TIP KC2-1,05-60-2Y1  
(KC2-6,3-75-2Y1)

U. R. S. S.



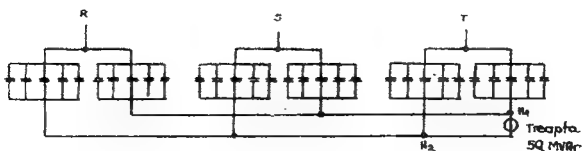
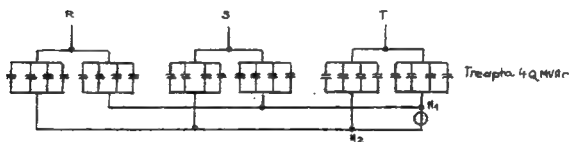
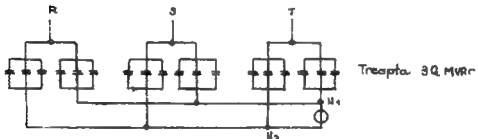
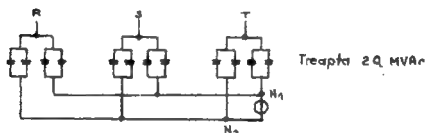
CONDENSATOR TIP USOPK 157/6350  
NOVA - FINDLANDIA



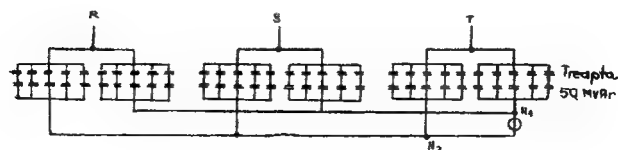
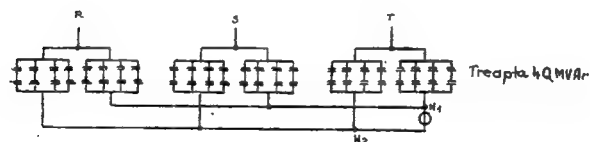
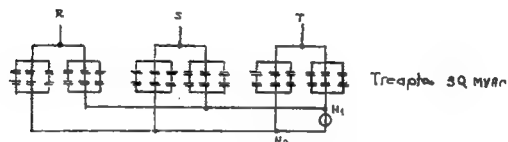
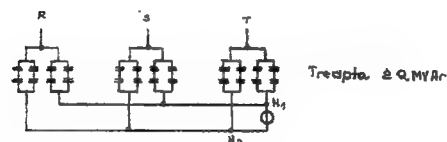
CONDENSATOR TIP CS 8,64/100-2E  
(cs 8,06/100-2E)

FILIAȘI - R.S.R.

## Anexa 4

Scheme de conexiuni pentru baterii de condensatoare  
(un condensator pe fază)

## Anexa 4 (continuare)

Scheme de conexiuni pentru baterii de condensatoare  
(două condensatoare pe fază)

<b>MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE</b>	<b>Instrucțiuni pentru proiectarea stațiilor de conexiuni și transformare</b>  <b>Bobine de reactanță</b>	<b>PE 111-12/78</b>																										
		<b>Grupa 1</b> <b>Electro-energetică</b>																										
<div>C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Domeniul de aplicare . . . . .</td><td>475</td></tr><tr><td>2. Legislația tehnică . . . . .</td><td>475</td></tr><tr><td>3. Considerații generale asupra utilizării bobinelor de reactanță în stațiile de distribuție de MT . . . . .</td><td>476</td></tr><tr><td>4. Detalii constructive și funcționale . . . . .</td><td>477</td></tr><tr><td>5. Tipuri de scheme cu bobine de reactanță . . . . .</td><td>479</td></tr><tr><td>6. Date necesare pentru alegerea bobinelor de reactanță . . . . .</td><td>482</td></tr><tr><td>7. Verificarea bobinelor de reactanță . . . . .</td><td>487</td></tr><tr><td>8. Condiții de instalare . . . . .</td><td>489</td></tr><tr><td>9. Montarea bobinelor de reactanță . . . . .</td><td>492</td></tr><tr><td>10. Măsuri specifice de protecție a muncii și de prevenire și stingere a incendiilor . . . . .</td><td>495</td></tr><tr><td>11. Exemplu de calcul . . . . .</td><td>496</td></tr><tr><td>Anexe . . . . .</td><td>501</td></tr></table>				Pag.	1. Domeniul de aplicare . . . . .	475	2. Legislația tehnică . . . . .	475	3. Considerații generale asupra utilizării bobinelor de reactanță în stațiile de distribuție de MT . . . . .	476	4. Detalii constructive și funcționale . . . . .	477	5. Tipuri de scheme cu bobine de reactanță . . . . .	479	6. Date necesare pentru alegerea bobinelor de reactanță . . . . .	482	7. Verificarea bobinelor de reactanță . . . . .	487	8. Condiții de instalare . . . . .	489	9. Montarea bobinelor de reactanță . . . . .	492	10. Măsuri specifice de protecție a muncii și de prevenire și stingere a incendiilor . . . . .	495	11. Exemplu de calcul . . . . .	496	Anexe . . . . .	501
	Pag.																											
1. Domeniul de aplicare . . . . .	475																											
2. Legislația tehnică . . . . .	475																											
3. Considerații generale asupra utilizării bobinelor de reactanță în stațiile de distribuție de MT . . . . .	476																											
4. Detalii constructive și funcționale . . . . .	477																											
5. Tipuri de scheme cu bobine de reactanță . . . . .	479																											
6. Date necesare pentru alegerea bobinelor de reactanță . . . . .	482																											
7. Verificarea bobinelor de reactanță . . . . .	487																											
8. Condiții de instalare . . . . .	489																											
9. Montarea bobinelor de reactanță . . . . .	492																											
10. Măsuri specifice de protecție a muncii și de prevenire și stingere a incendiilor . . . . .	495																											
11. Exemplu de calcul . . . . .	496																											
Anexe . . . . .	501																											
<b>Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 396/78</b>	<b>Înlocuiește :</b>	<b>Data intrării în vigoare: 1 iulie 1978</b>																										





## 1. DOMENIUL DE APLICARE

Se aplică la alegerea și verificarea bobinelor de reactanță în beton utilizate ca aparate limitatoare a puterii de scurtcircuit în stațiile de distribuție de MT și în stațiile aferente centralelor electrice.

## 2. LEGISLAȚIA TEHNICĂ

### 2.1. Standarde, norme interne

**STAS 6669/1-77** — Încercarea echipamentului electric la înaltă tensiune. Prescripții generale.

**STAS 6669/2-77** — Idem. Metode de încercare.

**STAS 6489-67** — Rețele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolației, nivelurile de izolație și de protecție.

**N.I. 567** — Bobine de reactanță în beton 6, 10, 15 kV, 100—2×2 000/3—10% tip BR.

### ◆ 2.2. Prescripții, normative, instrucțiuni

- PE 009/76**
- Norme de prevenire, stingere și dotare împotriva incendiilor pentru ramura energiei electrice și termice.
  - Norme generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcțiilor și instalațiilor (aprobat prin Decret de Stat nr. 290/16 aug. 1977).

- 
- |                  |  |
|------------------|--|
| <b>PE 101/77</b> | — Normativ pentru construcția instalațiilor electrice de conexiuni și transformare cu tensiuni peste 1 kV.   |
| <b>PE 103/70</b> | — Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitările mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit. |
| <b>PE 107/78</b> | — Normativ pentru proiectarea și execuția rețelilor de cabluri electrice.  |
| <b>PE 116/78</b> | — Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.  |
| <b>PE 119/71</b> | — Norme de protecție a muncii pentru instalații electrice.   |
| <b>PE 126/72</b> | — Regulament de exploatare tehnică a echipamentelor electrice din distribuția primară.   |
| <b>PE 134/74</b> | — Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit. Instalații cu tensiuni peste 1 kV.  |
| <b>1975</b>      | — Norme republicane de protecție a muncii.   |

### **3. CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA UTILIZĂRII BOBINELOR DE REACTANȚĂ ÎN STAȚIILE DE DISTRIBUȚIE DE MT**

**3.1.** În stațiile de distribuție, în special cele de 6—10 kV, puterea de scurtcircuit ridică probleme deosebite datorită efectelor termice și dinamice care apar la scurtcircuit.

Curentul de scurtcircuit condiționează prin valoarea sa de șoc stabilitatea electrodinamică a căilor de curent, inclusiv a aparatelor de comutație primară, iar prin valoarea sa de durată alegerea cablurilor, respectiv stabilitatea lor din punct de vedere termic. Obținerea unei puteri de scurtcircuit minime permite realizarea unor scheme optime atât din punctul de

vedere al costului instalațiilor electrice (întrerupătoare mai puțin costisitoare, cabluri cu secțiune mai mică), cât și din punctul de vedere al fiabilității.

**3.2.** O măsură de limitare a curenților de scurtcircuit, până la valori admise de aparatajul de comutație, constă în montarea bobinelor de reactanță în diferite puncte ale schemei electrice. Pe lângă aceasta, bobinele de reactanță asigură menținerea unui anumit nivel de tensiune în amonte.

**3.3.** Valoarea minimă a tensiunii pe care trebuie să o asigure bobinele de reactanță în amonte — la un scurtcircuit în generator sau în rețea — este de  $0,7 U_n$ ; această valoare a tensiunii asigură menținerea în funcțiune a motoarelor din circuit.

**3.4.** Decizia asupra montării bobinelor de reactanță într-o stație de MT se ia pe baza unui calcul tehnico-economic a două variante de bază, și anume:

a) schemă primară fără bobine de reactanță, cu puteri de scurtcircuit mari, aparataj cu performanțe ridicate și cu secțiuni mărite ale cablurilor de distribuție;

b) schemă primară cu bobine de reactanță, cu puteri de scurtcircuit reduse, cu aparataj de fabricație curentă, dimensionate de regulă pe criteriul încărcării nominale.

#### NOTĂ:

*La comparația tehnico-economică a variantelor se va ține seama și de consumul propriu tehnologic în rețelele de distribuție în cele două variante, cunoscând că în prima variantă acest consum este mai mic datorită secțiunii mai mari a cablurilor de distribuție.*

## 4. DETALII CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE

**4.1.** Bobinele de reactanță în beton folosite ca mijloc de limitare a curenților de scurtcircuit se construiesc fără miez de oțel, în scopul menținerii inductanței constante.

**NOTĂ:**

*Soluția constructivă de bobine cu miez magnetic prezintă următoarele dezavantaje:*

*a) la funcționarea în regim normal, curentul nominal al circuitului ar determina magnetizarea miezului în conformitate cu porțiunea ascendentă a curbei de magnetizare, inductanța ar crește și s-ar produce pierderi suplimentare de putere și tensiune;*

*b) la funcționarea în regim de scurtcircuit curentul foarte mare ar provoca saturația magnetică a miezului de oțel, valoarea inductanței scăzând tocmai când ar fi necesară o valoare ridicată a acesteia.*

**4.2.** Bobinele de reactanță fabricate în țară sînt de tip interior și se execută în construcție monofazată, ele fiind livrate în set de trei faze identice. O fază este constituită din înfășurare, coloană de beton pentru consolidarea acesteia, izolatoare-suport și borne de racord.

**NOTĂ:**

*Bobinele a căror masă trifazată nu depășește 3 000 kg se pot monta etajat (suprapunere pe verticală), bobinele a căror masă trifazată depășește valoarea de mai sus se montează numai cu fazele în plan orizontal.*

**4.2.1.** În funcție de curentul nominal, bobinajul se realizează cu una sau mai multe căi de curent în paralel.

**4.2.2.** Înfășurarea bobinelor de reactanță în beton se execută din conductoare flexibile, multifilare din aluminiu sau cupru, izolate de regulă cu bandă din bumbac și în straturi orizontale. Bobinele sînt impregnate cu lac și uscate în vid.

**4.2.3.** Inductanța bobinei de reactanță este în funcție de parametrii geometrici ai înfășurării: lățime, înălțime și număr de spire.

**4.2.4.** Izolatoarele-suport ale fazelor sînt de tip I-7, 5—125, conform STAS 5852.

**4.2.5.** Caracteristicile tehnice și constructive ale bobinelor de reactanță în beton sînt date în anexele 1 și 2, iar tensiunile de încercare în tabelul 1, conform STAS 6489.

Tabelul 1

Nr. crt.	Tipul bobinei de reactanță	Tensiunea nominală, kV	Tensiunea de încercare	
			la frecvență industrială 50 Hz/1 minut, kV	la unda de impuls 1,2/50 $\mu$ s, kV
1	BR 6 kV	7,2	27	60
2	BR 10 kV	12	35	75
3	BR 15 kV	17,5	45	95

NOTĂ: Pentru fiecare 100 m peste 1000 m altitudine, tensiunea de încercare a bobinelor de reactanță va fi mărită cu 1% din valoarea prevăzută în norma internă (NI 567).

## 5. TIPURI DE SCHEME CU BOBINE DE REACTANȚĂ

5.1. Din punctul de vedere al amplasamentului în schemă, bobinele de reactanță sînt : pentru bare și de linie.

a) bobinele de reactanță pentru bare se conectează între sau la secțiile barelor și sînt destinate să limiteze curentul total de scurtcircuit al întregii instalații (fig. 1, a, b, c);

b) bobinele de reactanță de linie sînt destinate să limiteze curentul de scurtcircuit în linia protejată și să mențină la un anumit nivel tensiunea în instalațiile situate în amonte (fig. 1 d, e, f, g, h).

## 5.2. Scheme cu bobină de reactanță pentru bare (RB)

5.2.1. În fig. „a” bobina de reactanță este conectată în serie cu barele colectoare ale centralei. Presupunînd că sarcina este repartizată uniform pe cele două secții, rezultă că în regim normal de funcționare prin bobina de reactanță circulația de curent este foarte mică și ca atare pierderile de putere și energie în bobină sînt mici. În această schemă bobina de reactanță limitează curenții de scurtcircuit din rețea ( $k_1$ ), de pe barele colectoare ale centralei ( $k_2$ ) și în circuitul generatorului ( $k_3$ ).

5.2.2. Pentru limitarea puterii de scurtcircuit pe barele unei stații se folosesc și scheme cu bobine de reactanță montate în circuitul transformatoarelor de putere.

În schema din figura „b”, la un scurtcircuit în rețea ( $k_1$ ) sau pe bare ( $k_2$ ) întreruptorul va declanșa la curenții de scurtcircuit limitați de bobină. În acest caz aparatajul de comutație de MT poate fi ales pentru curenți de scurtcircuit mai scăzuți, datorită ameliorării efectelor scurtcircuitului.

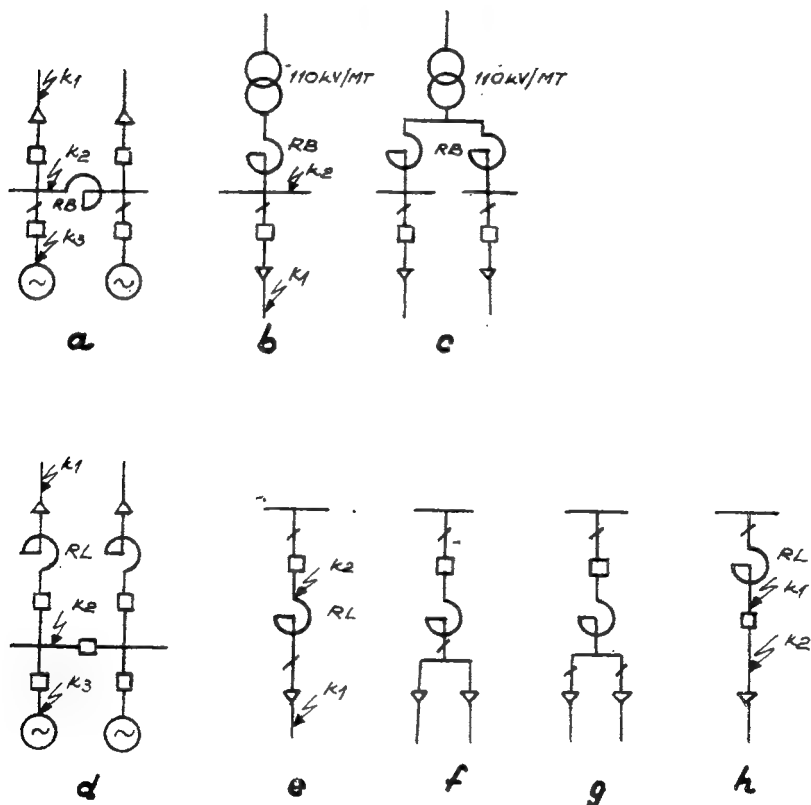


Fig. 1. Scheme cu bobine de reactanță.

5.2.3. În schema din fig. „c” bobina de reactanță este jumelată, fiind folosită de asemenea pentru limitarea puterii de scurtcircuit pe barele stației. Bobina jumelată se folosește

și în cazul în care curentul de durată al circuitului este mai mare decât curentul nominal al bobinei de reactanță cu o singură înfășurare (de exemplu, circuitul unui transformator de 40 MVA la 6 kV).

### 5.3. Scheme cu bobine de reactanță de linie (RL)

**5.3.1.** În schema din figura „d” bobina de reactanță de linie este conectată în serie cu circuitul plecării în cablu.

În această schemă bobina de reactanță limitează curenții de scurtcircuit care apar pe linie ( $k_1$ ). Bobina de reactanță de linie nu limitează curenții de scurtcircuit în cazul scurtcircuitelor de pe barele colectoare ale centralei ( $k_2$ ) sau în circuitul generatorului ( $k_3$ ). Montarea bobinelor de reactanță pentru bare nu exclude montarea bobinelor de reactanță de linie.

**5.3.2.** În schema din figura „e”, în cazul unui scurtcircuit ( $k_1$ ) întreruptorul va declanșa la curentul de scurtcircuit limitat de bobina de reactanță. Scurtcircuitul ( $k_2$ ) se consideră în bobina de reactanță și ca atare întreruptorul va declanșa la un curent de scurtcircuit nelimitat de aceasta.

Experiența de exploatare a arătat că probabilitatea de apariție a unui defect pe legătura dintre barele colectoare și bobine de reactanță — executată de regulă în bare rigide — este mică.

Din acest motiv, prin instrucțiunile de proiectare PE 103/70 art. 2.5. se admite ca echipamentul electric — de la separator pînă la bobina de reactanță — să se aleagă și să se verifice în funcție de curentul de scurtcircuit după bobină ( $k_1$ ).

**5.3.3.** La alimentarea unor consumatori de mare putere se folosesc bobine de reactanță cu plecări jumelate — 2 fideri ca în schema din figura „f”.

În unele cazuri (consumatori importanți) pe fiecare fider (fig. „g”) se montează cîte un separator care permite ca, în cazul avarierii unuia din fideri, acesta să fie deconectat, iar alimentarea consumatorului să fie preluată de fiderul neavariat.

**5.3.4.** În schema din figura „h” bobina de reactanță este amplasată înaintea întreruptorului.

La un scurtcircuit în  $k_1$  sau în  $k_2$  întreruptorul va declanșa la curenții de scurtcircuit limitați de bobină; schema oferă posibilitatea alegerii unui echipament de comutație pentru curenți de scurtcircuit mai scăzuți.

Dezavantajul unei asemenea dispoziții constă în faptul că, în cazul scurtcircuitului  $k_1$ , în afara declanșării întreruptorului propriu este necesară și declanșarea întreruptorului circuitului din amonte, spre sursă. O asemenea schemă se folosește în special atunci când pe barele stației puterea de scurtcircuit este apropiată sau depășește chiar puterea de rupere a întreruptorului.

## 6. DATE NECESARE PENTRU ALEGEREA BOBINELOR DE REACTANȚĂ

Principalii parametri ai bobinei de reactanță sînt:

- tensiunea nominală  $U_{rn}$
- curentul nominal  $I_{rn}$
- reactanța procentuală nominală  $X_r \%$
- pierderea relativă de tensiune  $\Delta U_r \%$ .

### 6.1. Tensiunea nominală ( $U_{rn}$ )

Tensiunea nominală a bobinei de reactanță se alege egală cu tensiunea maximă de serviciu a rețelei din care face parte, conform tabelului 1.

### 6.2. Curentul nominal ( $I_{rn}$ )

**6.2.1.** Curentul nominal reprezintă cea mai mare valoare a curentului care la trecerea prin înfășurarea bobinei de reactanță timp îndelungat nu-i produce încălziri periculoase.



**6.2.2.** Curentul nominal al bobinei de reactanță trebuie ales astfel încît să fie superior ca valoare curentului maxim de durată al circuitului din care face parte.

Pentru bobina de reactanță de secție (fig. „a”) curentul nominal corespunde circulației de puteri ce rezultă în cazul cel mai defavorabil.

**6.2.3.** Curentul nominal ( $I_{rn}$ ) indicat de furnizor corespunde unei temperaturi a mediului ambiant de  $+40^{\circ}\text{C}$ . Pentru alte valori ale temperaturii mediului ambiant, curentul prin bobină se va determina cu relația:

$$I_r = I_{rn} \sqrt{\frac{\theta_{\max.} - 40^{\circ}}{\theta_{\max.} - \theta_{\text{amb}}}} \quad (\text{A}); \quad (1)$$

în care:

$\theta_{\text{amb}}$  este temperatura maximă admisă de bobinaj ( $^{\circ}\text{C}$ );

$\theta_{\max.}$  — temperatura mediului ambiant ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### 6.3. Reactanța procentuală nominală ( $x_r$ )

**6.3.1.** Prin reactanța procentuală nominală se înțelege raportul exprimat în procente între căderea de tensiune inductivă dintr-o fază a bobinei de reactanță, cînd prin ea trece curentul nominal și tensiunea nominală.

$$x_r \% = \frac{\Delta U_f \sqrt{3}}{U_{rn}} \cdot 100 \quad (2)$$

$$x_r \% = \frac{x_r I_{rn} \sqrt{3}}{U_{rn}} \cdot 100 \quad (3)$$

în care:

$x_r$  este reactanța unei faze a bobinei ( $\Omega$ ).

**6.3.2.** Reactanța procentuală nominală a bobinei, exprimată în unități relative raportată la mărimile de bază este:

$$x_r \% = x_R \% \frac{U_b}{I_b} \frac{I_{rn}}{U_{rn}} \quad (4)$$

în care:

$x_B \%$  este reactanța procentuală a bobinei exprimată în unități relative raportată la mărimile de bază;  
 $U_b; I_b$  — mărimi de bază.

**6.3.3.** Reactanța procentuală nominală a bobinei se poate determina și cu relația:

$$x_r \% = S_{rn} \frac{S_{k1} - S_{k2}}{S_{k1} \cdot S_{k2}} \cdot 100 \quad (5)$$

în care:

$S_{rn}$  este puterea aparentă nominală a bobinei și se determină cu relația  $S_{rn} = \sqrt{3} \cdot U_{rn} \cdot I_{rn}$ , MVA; (6)

$S_{k1}$  — puterea de scurtcircuit în amonte de bobină, MVA;

$S_{k2}$  — puterea de scurtcircuit necesară, MVA, în aval de bobină.

**6.3.4.** După efectuarea calculului se alege pentru  $x_r \%$  valoarea imediat superioară standardizată, conform anexei 1, și se recalculează puterea de scurtcircuit în aval de bobină ( $S_{k2}$ ) cu relația:

$$S_{k2} = \frac{100 S_{rn} S_{k1}}{100 S_{rn} + x_r \% S_{k1}} \quad (\text{MVA}) \quad (7)$$

**6.3.5.** Pentru calcule simplificatoare, în care se neglijează toate reactanțele din rețea în afară de reactanța bobinei, valoarea maximă a puterii de scurtcircuit ( $S_k$ ) și respectiv a curentului de scurtcircuit ( $I_k$ ) ce se obțin în aval de bobină se determină cu relațiile:

$$S_k = \frac{S_{rn}}{x_r \%} \cdot 100 \quad (\text{MVA}) \quad (8)$$

$$I_k = \frac{I_{rn}}{x_r \%} \cdot 100 \quad (\text{A}) \quad (9)$$

#### NOTĂ:

Valorile uzuale pentru  $x_r \%$  sînt cuprinse în gama 3—10%.

**6.3.6.** Rezistența ohmică a înfășurării bobinei de reactanță este foarte mică; pierderea de putere activă în bobină nu reprezintă mai mult de 0,2—0,3% din puterea bobinei și nu depășește în cele mai defavorabile cazuri 0,5%.

## 6.4. Reactanța procentuală a bobinei de reactanță jumelată

**6.4.1.** Bobina de reactanță jumelată (schema „h”) are două circuite, fiecare din acestea avînd o reactanță inductivă proprie  $x_1$  și o reactanță inductivă mutuală  $x_m$ .

Valoarea inductanței mutuale  $x_m$  nu este constantă; ea depinde de valoarea curentului în cel de-al doilea circuit.

**6.4.2.** Reactanța procentuală a bobinei de reactanță jumelată se determină conform schemei din figura 2.

Modul de alegere a reactanței  $x_1$  este similar cu cel pentru bobina de reactanță obișnuită. Coeficientul de cuplaj „m” este indicat de întreprinderea constructoare, de regulă  $m = 0,5$ .

În funcție de circulația curentului în cele două jumătăți ale bobinei de reactanță jumelată, reactanța echivalentă se determină cu relația:

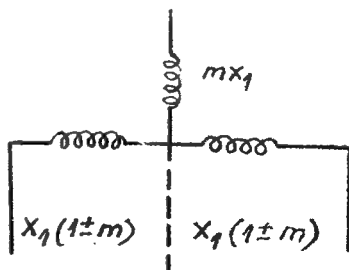


Fig. 2. Schema echivalentă de calcul al reactanței procentuale a bobinei de reactanță jumelată.

$x_r = 2(1-m)x_1$  — cazul în care curentul circulă în sensuri opuse în cele două jumătăți ale bobinei;

$x_r = 2(1+m)x_1$  — cazul în care curentul circulă în același sens în cele două jumătăți ale bobinei.

### 6.5. Pierdere relativă de tensiune ( $\Delta U_f \%$ )

6.5.1. O caracteristică a bobinei de reactanță în beton o constituie pierdere relativă de tensiune  $\Delta U_f \%$ , care reprezintă diferența aritmetică relativă a tensiunilor de fază înainte și după bobină. Se determină cu relația:

$$\Delta U_f \% = x_r \% \frac{I_{inc}}{I_{rn}} \sin \varphi \quad (11)$$

în care:  $I_{inc}$  este curentul maxim de încărcare al circuitului din care face parte bobina (A).

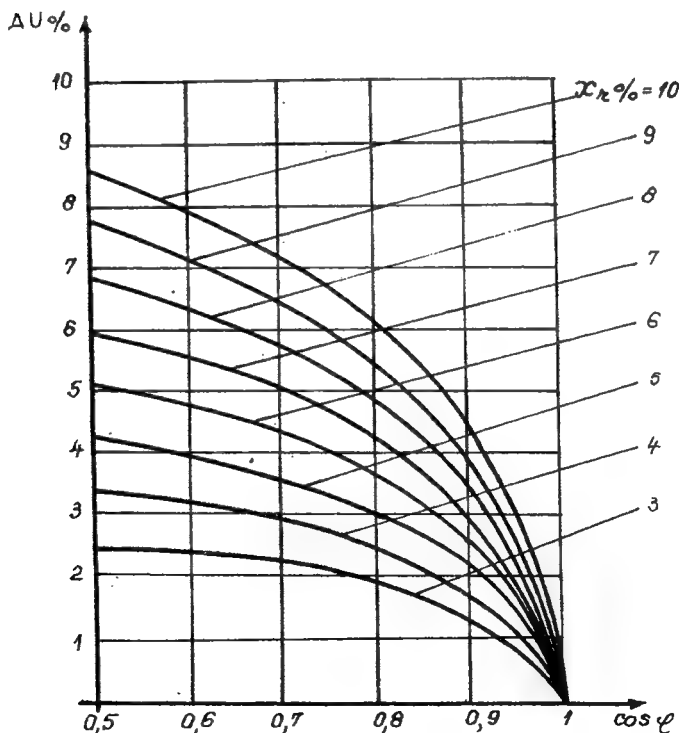


Fig. 3. Pierdere de tensiune în bobina de reactanță.

**6.5.2.** În figura 3 este reprezentată variația pierderii relative de tensiune în bobina de reactanță, în funcție de factorul de putere  $\cos \varphi$  al rețelei și de reactanța procentuală nominală  $x_r \%$  a bobinei; se consideră  $I_{nc} = I_{rn}$ .

**6.5.3.** Pierderea de tensiune în bobina de reactanță nu trebuie să depășească 5% din tensiunea nominală a instalației din care face parte; în caz contrar se alege o bobină cu reactanță mai mică și se reface calculul.

**6.5.4.** În regim de scurtcircuit, prin căderea de tensiune în bobina de reactanță se menține în amonte de bobină o tensiune remanentă. Valoarea acesteia trebuie să fie de minimum 70% și se calculează cu relația:

$$U_{rem} \% = x_r \% \frac{I_k}{I_{rn}} \quad (12)$$

în care:  $I_k$  este valoarea stabilizată a componentei periodice a curentului de scurtcircuit (kA).

## 7. VERIFICAREA BOBINELOR DE REACTANȚĂ

Bobina de reactanță aleasă din condiția de limitare a curentului de scurtcircuit, se verifică la stabilitate termică și electrodinamică.

### 7.1. Stabilitatea termică

**7.1.1.** Pentru verificarea la stabilitate termică se ia în considerare curentul de scurtcircuit trifazat, bifazat sau monofazat care conduce la solicitarea termică maximă.

**7.1.2.** Calculul curenților de scurtcircuit se efectuează conform normativului PE 134.

**7.1.3.** Motoarele sincrone, inclusiv compensatoarele sincrone, se consideră în calculul curenților de scurtcircuit ca și generatoarele sincrone.

**7.1.4.** Aportul motoarelor sincrone se ia în considerare în cazul în care valoarea curentului de declanșare (fără aportul

motoarelor) este apropiată de valoarea curentului de rupere al întreruptorului, iar timpul total de rupere al defectului este mai mic de 0,15 s.

**7.1.5.** Determinarea curentului echivalent termic  $I_m$  al scurtcircuitului și verificarea la solicitările termice în condițiile curenților de scurtcircuit se face conform instrucțiunilor PE 103.

**7.1.6.** Stabilitatea termică a bobinei de reactanță este caracterizată prin mărimea  $I_t \sqrt{t}$  indicată de fabrica constructoare.

Condiția de verificare la stabilitate termică este dată de relația :

$$I_m < I_t \sqrt{t} \quad (13)$$

în care:  $I_m$  este curentul maxim echivalent al scurtcircuitului la 1 s (kA).

Curentul echivalent al scurtcircuitului la 1 s se calculează cu relația:

$$I_m = I_k' \sqrt{(m+n)t} \quad (\text{kA}) \quad (14)$$

în care:

$I_k'$  este valoarea efectivă inițială a curentului de scurtcircuit, kA;

$m$  — aportul la scurtcircuit al componentei aperiodice;

$n$  — aportul la scurtcircuit al componentei periodice;

$t$  — durata defectului, s.

## 7.2. Stabilitatea electrodinamică

**7.2.1.** Pentru verificarea la stabilitate electrodinamică se determină valoarea curentului de șoc al scurtcircuitului trifazat.

**7.2.2.** Verificarea la solicitările electrodinamice în condițiile curenților de scurtcircuit se face conform instrucțiunilor PE 103.

**7.2.3.** Curentul de stabilitate electrodinamică  $I_d$  al bobinei de reactanță este indicat de fabrica constructoare.

Condiția de verificare la stabilitate electrodinamică este dată de relația :

$$i_{\text{ș}} < I_d \quad (15)$$

în care :  $i_{\text{ș}}$  este amplitudinea curentului de scurtcircuit de șoc ( $kA_{\text{max}}$ ).

Curentul de șoc al scurtcircuitului (valoarea maximă) se calculează cu relația:

$$I_{\text{ș}} = 2,55 I_{\text{po}} \quad (16)$$

## 8. CONDIȚII DE INSTALARE

### 8.1. Altitudinea

Bobinele de reactanță în beton își păstrează caracteristicile garantate și pot fi instalate fără restricții până la altitudinea maximă indicată de întreprinderea constructoare, de regulă 1 000 m.

### 8.2. Locul de instalare

Bobinele de reactanță în beton de tip uscat sînt destinate să funcționeze numai în instalații interioare.

### 8.3. Caracteristicile mediului ambiant

Domeniul de temperaturi pentru care este garantată buna funcționare a bobinelor de reactanță în beton este cuprins în gama  $-25^{\circ}\text{C} + 40^{\circ}\text{C}$ . Bobinele de reactanță în beton trebuie montate într-un mediu ambiant care nu conține gaze, acizi, praf bun conducător de electricitate, vapori de apă etc. Valoarea maximă procentuală a umidității relative a aerului nu trebuie să depășească 80% la temperatura mediului ambiant de  $+35^{\circ}\text{C}$ .

### 8.4. Dimensionarea ventilației naturale

**8.4.1.** În încăperea bobinei de reactanță trebuie să se asigure o ventilație naturală organizată, aerul de răcire fiind introdus printr-o deschidere practică în pardoseală ( $q_1$ ) și

evacuat pe la partea superioară ( $q_2$ ) din figura 4. În unele cazuri, cînd rezultă oportun din calcul se prevede ventilație mecanică.

**8.4.2.** Calculul ventilației se efectuează fie pentru determinarea formei și dimensiunilor elementelor de construcții care condiționează funcționarea ventilației naturale, fie pentru verificarea modului în care se realizează aceasta într-o clădire existentă.

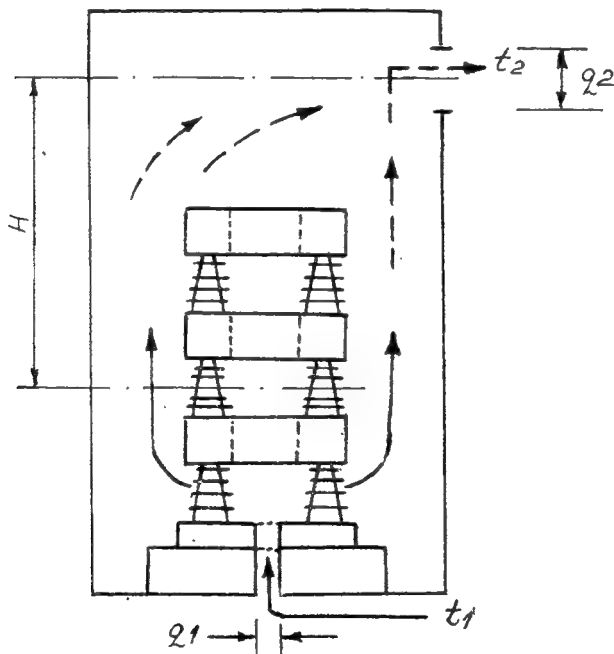


Fig. 4. Schema circulației aerului în încăperea bobinei.

**8.4.3.** Nomograma din figura 5 servește la determinarea suprafețelor orificiilor de intrare și evacuare a aerului ( $q_1$ ,  $q_2$ ) precum și a debitului de aer ventilat ( $Q$ ), cunoscându-se :



- W — pierderile de putere în bobină, kW ;  
 $t_2 - t_1$  — diferența între temperatura de evacuare și intrare a aerului, de regulă 15°C ;  
H — distanța dintre axul orizontal al bobinei de reacțanță și axul orificiului de evacuare a aerului, m.

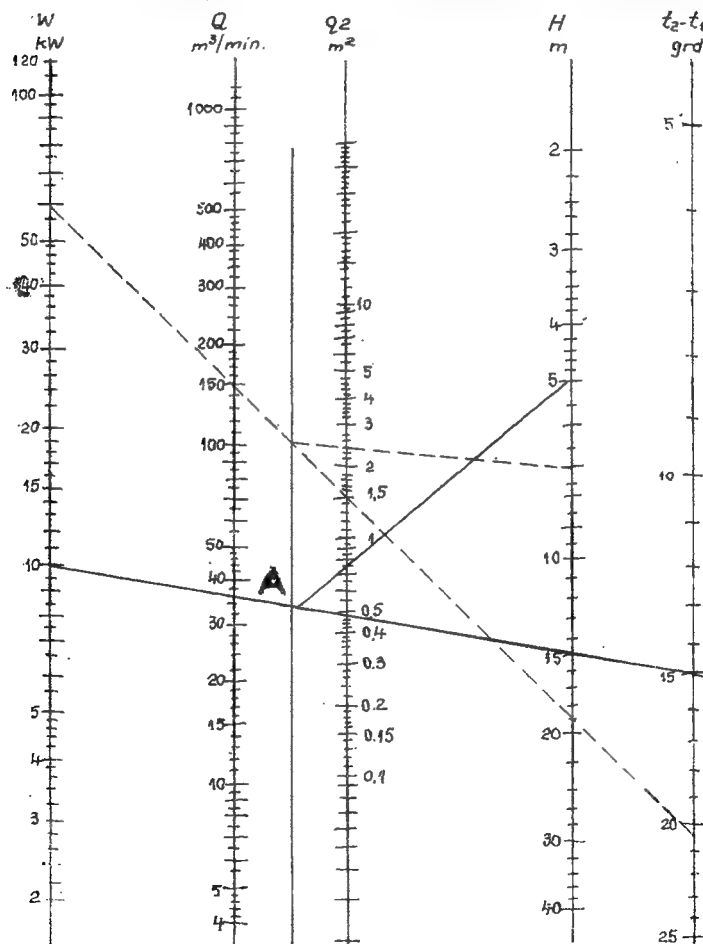


Fig. 5. Nomograma pentru dimensionarea ventilației naturale a încăperii bobinei de reacțanță.

#### 8.4.4. Exemplu

Se consideră :  $W = 10 \text{ kW}$  ;  $H = 5 \text{ m}$  ;  $t_2 - t_1 = 15^\circ\text{C}$ .

Dreapta  $W = 10 \text{ kW}$  și  $t_2 - t_1 = 15^\circ\text{C}$  intersectează dreapta  $Q$  în punctul  $Q = 36 \text{ m}^3/\text{min}$  și dreapta ajutătoare  $Z$  în punctul „A”. Unind punctul „A” cu punctul  $H = 5 \text{ m}$  se obține, la intersecția cu dreapta  $q_2$ , punctul  $q_2 = 0,8 \text{ m}^2$ .

Ținând seamă de dilatarea aerului cald, se recomandă  $q_1 = 0,92 q_2$ .

### 9. MONTAREA BOBINELOR DE REACTANȚĂ

9.1. Bobinele de reactanță în beton se instalează în încăperi închise, dimensiunile acestora fiind astfel alese încît să se obțină o amplasare comodă a reactoarelor și barelor. În acest sens, distanțele între fazele bobinei de reactanță și între acestea și construcțiile de oțel și de beton armat ale clădirii trebuie să nu fie mai mici decît cele recomandate de către furnizor. În figura 6 sînt date distanțele minime de amplasare a unei bobine trifazate.

9.2. Cîmpul magnetic produs de bobina de reactanță nu trebuie să depășească valoarea de  $20 \text{ A/cm}$  și se calculează cu relația :

$$H = 0,1 \frac{I_{rn} W D_m}{a^2} \quad (\text{A/m}) \quad (17)$$

în care :

- $I_{rn}$  este curentul nominal al bobinei, A ;
- $W$  — numărul de spire al bobinei ;
- $D_m$  — diametrul mediu al coloanei, m ;
- $a$  — distanța de la axul bobinei la pereții încăperii, m.

9.3. Bobinele de reactanță a căror masă trifazată nu depășește  $3000 \text{ kg}$  se montează într-o poziție verticală. În acest caz înălțimea încăperii se determină luînd în considerare posibilitatea fixării dispozitivului de ridicat (palan).

9.4. Montarea bobinelor în plan vertical se execută astfel :

— se introduce în încăperea faza superioară, care se ridică cu ajutorul palanului;

— se introduce faza mijlocie, peste care se așază și se assemblează faza superioară, ambele fiind apoi ridicate cu ajutorul palanului;

— se introduce faza inferioară, celelalte două (superioară și mijlocie) fiind coborâte și asamblate cu aceasta.

9.4.1. Fazele bobinei de reactanță sînt așezate pe izolatoare suport, realizîndu-se astfel izolația față de pardoseală a întregului ansamblu precum și a fazelor între ele.

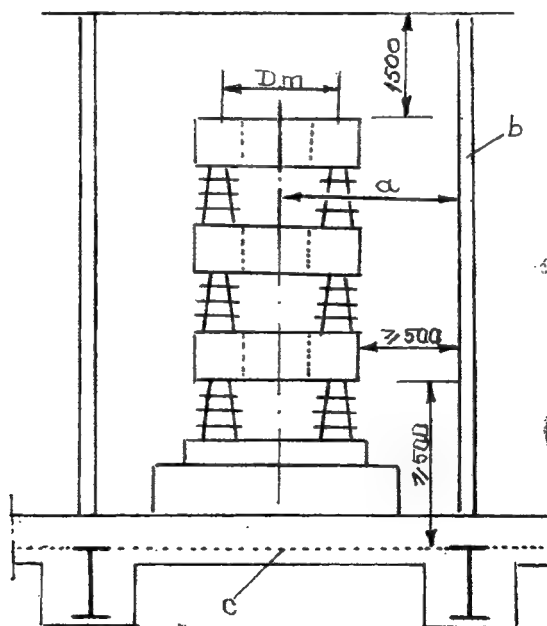


Fig. 6. Distanțe minime de amplasare a bobinei de reactanță:

$a$  — distanța de la axul bobinei la perete;  $b$  — armătura peretelui;  $c$  — armătura pardoselii.

9.5. Dispoziția orizontală a fazelor se recomandă pentru bobine de reactanță cu masă trifazată mai mare de 3 000 kg.

9.6. În ambele dispoziții (verticală sau orizontală), dacă între faze se folosesc izolatoare de distanțare, pentru diminuarea solicitărilor electrodinamice trebuie ca faza din mijloc să fie bobinată în sens invers fazelor extreme. În acest fel, forța maximă electrodinamică va comprima izolatoarele, porțelanul lucrând mult mai bine la compresiune decât la întindere.

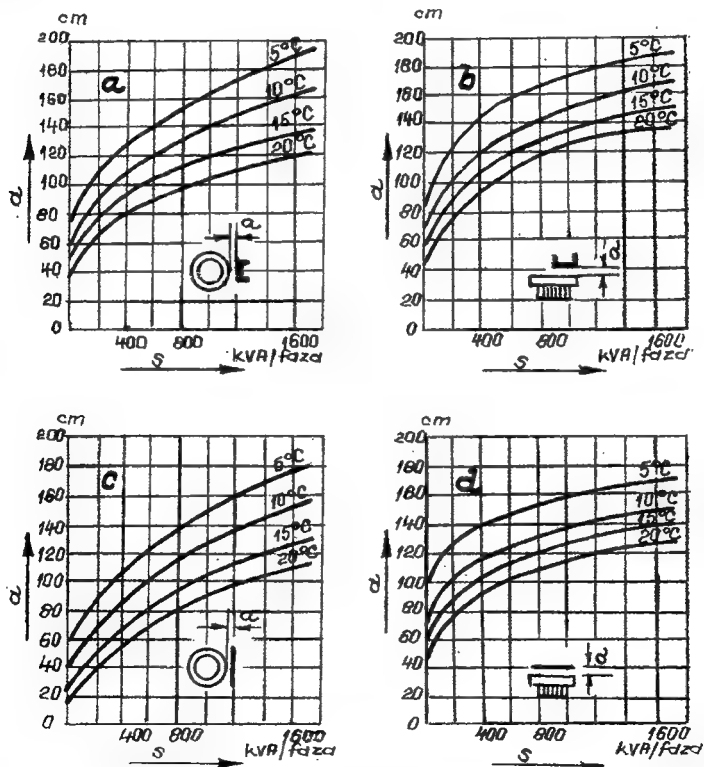


Fig. 7. Încălzirea părților metalice din apropierea bobinei de reactanță:

a — profil U 14 așezat vertical la distanța „a” de bobină; b — profil U 14 așezat orizontal deasupra bobinei, la distanța „a”; c — placă din oțel de 3 mm, așezată vertical la distanța „a” de bobină; d — placă din oțel de 3 mm, așezată orizontal deasupra bobinei la distanța „a”.

9.7. În cazul dispoziției orizontale fără izolatoare de distanțare între faze, acestea se pot bobina simetric, deoarece direcția forței electrodinamice este diferențiată și izolatoarele lucrează la încovoiere.

9.8. Bobinele de reactanță nu trebuie amplasate în vecinătatea construcțiilor din oțel, datorită încălzirii acestora prin curenții de inducție, care determină pierderi importante de puteri. De asemenea, în caz de scurtcircuit, datorită forțelor electrodinamice piesele din oțel pot fi atrase puternic spre bobină, putând provoca deteriorarea izolației spirelor.

9.8.1. Se recomandă o supraveghere atentă pentru a nu se lăsa în vecinătatea bobinei de reactanță scule sau diferite piese metalice.

9.8.2. Trebuie evitată formarea circuitelor magnetice închise în apropierea bobinelor de reactanță, în care scop se vor secționa ramele ușilor din oțel, iar armăturile izolatoarelor suport vor fi legate la priza de pământ prin două derivații în circuit deschis. Se recomandă executarea derivațiilor din cupru.

9.9. În diagramele din figura 7 este prezentată influența distanțelor și a puterii bobinei asupra părților metalice din apropierea acesteia.

Notînd „ $\theta$ ” temperatura din încăperea reactorului, cu „ $\Delta\theta$ ” supra temperatura datorită încălzirii, conform figurii 7 rezultă temperatura pieselor metalice accesibile „ $\theta + \Delta\theta$ ”, care nu trebuie să depășească  $+50^{\circ}\text{C}$ .

## 10. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR

10.1. Pentru executarea lucrărilor de montaj se vor lua următoarele măsuri specifice de protecție a muncii :

a) protecția privind încărcarea, descărcarea, transportul și manipularea bobinelor de reactanță ;

b) protecția pentru lucrul la înălțime cu ocazia așezării bobinelor pe fundații cu ajutorul scripeților ;

c) protecția pentru lucrările de sudură (ochelari, legări la pământ etc.).

**10.2.** În timpul exploatării, se interzice deschiderea ușii încăperii bobinei de reactanță înainte de întreruperea tensiunii din celula de alimentare.

**10.3.** Ca măsuri de prevenire și stingere a incendiilor se vor respecta următoarele indicații :

a) în incinta bobinelor de reactanță este interzisă depozitarea oricăror materiale sau obiecte ;

b) în caz de incendiu se va scoate de sub tensiune instalația respectivă, precum și instalațiile vecine periclitare ;

c) asigurarea stingerii eventualelor incendii cu mijloace existente în dotarea stației, conform proiectelor tip în vigoare.

## 11. EXEMPLU DE CALCUL

### 11.1. Alegerea unei bobine de reactanță de linie

Se consideră montarea unui reactor de linie conform schemei 8 a.

### 11.2. Datele necesare alegerii bobinei de reactanță (mărimi cunoscute)

a) puterea plafon de scurtcircuit a sistemului :  $S_k = 3\,000$  MVA ;

b) caracteristicile transformatorului :  $S_n = 40$  MVA ;  $U_k = 12\%$  ;

c) curentul nominal al reactorului se alege egal cu curentul maxim de durată al circuitului din care face parte, respectiv curentul maxim de durată al cablului de 6 kV :

$$I_{rn} = I_n = I_{inc. max.} = 1,5 \text{ kA}$$

d) tensiunea nominală a reactorului se alege egală cu tensiunea nominală a circuitului din care face parte :

$$U_{rn} = U_n = 6 \text{ kV}$$

e) tensiunea efectivă de funcționare a reactorului este tensiunea maximă de serviciu a rețelei :

$$U_{MR} = 6,3 \text{ kV}$$

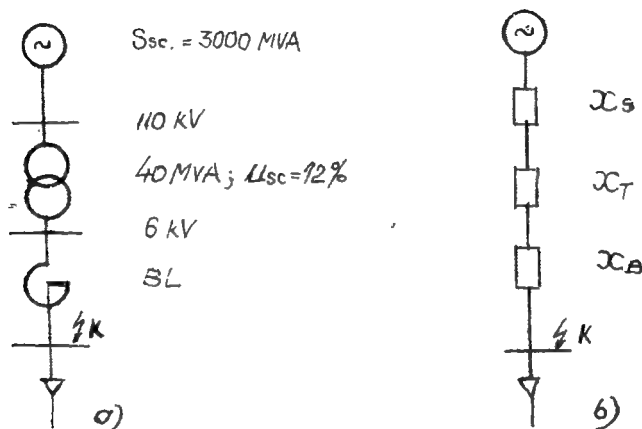


Fig. 8 a și b. Scheme de calcul.

f) puterea maximă de scurtcircuit în rețeaua de  $6 \text{ kV}$  din condiția de stabilitate termică a cablului :

$$S_{k, \max.} = 150 \text{ MVA}$$

**11.3.** Dimensionarea bobinei de reactanță de linie în vederea obținerii unei puteri de scurtcircuit maxime de  $150 \text{ MVA}$  în aval se efectuează prin determinarea și verificarea următoarelor :

- a) reactanța procentuală nominală a bobinei de reactanță —  $x_r \%$  ;
- b) verificarea bobinei la stabilitate electrodinamică ;
- c) verificarea bobinei la stabilitate termică ;
- d) pierderea de tensiune în regim normal de funcționare,  $\Delta U \%$  ;
- e) tensiunea remanentă  $U_{rem.}$

**11.4.** Se întocmește schema de calcul, înlocuind fiecare element din rețea prin reactanța sa echivalentă.

**11.5. Calculul reactanțelor echivalente** se efectuează prin metoda unităților de bază. Se aleg mărimile de bază :

- puterea de bază,  $S_b = 100$  MVA ;
- tensiunea de bază,  $U_b = 6$  kV ;
- curentul de bază  $I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} U_b} = 9,66$  kA.

a) Reactanța echivalentă a sistemului :

$$X_S = \frac{S_b}{S_k} = \frac{100}{3000} = 0,033$$

b) Reactanța echivalentă a transformatorului :

$$X_T = \frac{U_k \%}{100} \frac{S_b}{S_n} = \frac{12}{100} \frac{100}{40} = 0,3$$

c) Reactanța totală echivalentă în punctul k, în funcție de puterea de bază și puterea maximă de scurtcircuit admisă în acest punct :

$$X_{tot.} = \frac{S_b}{S_k} = \frac{100}{150} = 0,665$$

$$X_{tot.} = X_S + X_T + X_B$$

$$X_B = 0,665 - 0,033 - 0,3 = 0,332$$

d) Reactanța nominală procentuală a bobinei de reactanță :

$$X_r \% = \frac{X_B \cdot I_{rn} \cdot U_b}{I_b \cdot U_{rn}} \cdot 100$$

$$X_r \% = \frac{0,332 \cdot 1,5 \cdot 6}{9,66 \cdot 6} \cdot 100 = 5,17\%$$

Se alege  $X_r \% = 6\%$

e) Se recalculează  $X_B$  cu  $X_r$  ales :

$$X_B = \frac{X_r \%}{100} \frac{I_b}{I_{rn}} \frac{U_{rn}}{U_b}$$

$$X_B = \frac{6 \cdot 9,66 \cdot 6}{100 \cdot 1,5 \cdot 6} = 0,386$$



f) Se recalculează reactanța totală echivalentă în punctul k :

$$X_{\text{tot.}} = 0,033 + 0,3 + 0,386 = 0,719$$

g) Puterea de scurtcircuit în punctul k :

$$S_k = \frac{S_b}{X_{\text{tot.}}} = \frac{100}{0,719} = 139,5 \text{ MVA}$$

$$S_k < S_{k, \text{max.}}; 139,5 < 150 \text{ MVA}$$

deci reactorul este bine ales din punctul de vedere al reactanței procentuale.

## 11.6. Verificarea bobinei la stabilitate termică

a) Curentul echivalent al scurtcircuitului la 1 s :

$$I_m = I_k'' \sqrt{(m+n)t}$$

$$m = 0$$

$$n = 1$$

$$t = 1,5 \text{ s}$$

$$I_k'' = \frac{S_k}{\sqrt{3} U_{\text{ef}}} = \frac{150}{1,73 \times 6,3} = 14,4 \text{ kA}$$

$$I_m = 14,4 \sqrt{1,5} = 17,6 \text{ kA}$$

b) Stabilitatea termică a bobinei de reactanță este caracterizată prin mărimea  $I_t \sqrt{t}$  indicată de fabrica constructoare. Pentru bobina de tipul RB-6-1 500-6%  $I_t \sqrt{t} = 25 \text{ kA}$ .

c) Condiția de verificare a stabilității termice este :

$$I_m < I_t \sqrt{t}$$

$$17,6 \text{ kA} < 25 \text{ kA}$$

## 11.7. Verificarea bobinei la stabilitate electrodinamică

a) Curentul de șoc al scurtcircuitului :

$$i_{\text{șoc}} = 2,55 \, \tilde{I}_k$$

$$i_{\text{șoc}} = 2,55 \times 14,4 = 36,8 \text{ kA}$$

d) Stabilitatea electrodinamică a bobinei de reactanță este caracterizată prin mărirea  $I_d$  indicată de fabrica constructoare pentru bobina aleasă este de 63,75 kA.

Condiția de verificare la stabilitate electrodinamică:

$$i_{\text{șoc}} < I_d ; 36,8 \text{ kA} < 63,75 \text{ kA}$$

## 11.8. Pierderea de tensiune în regim normal

$$U^0_{/0} = x_r \, ^0_{/0} \sin \varphi$$

considerăm  $\cos \varphi = 0,9$ ;  $\sin \varphi = 0,435$ ;  $I_{\text{inc. max.}} = I_{\text{rn}}$ .

$$U^0_{/0} = 6^0_{/0} \cdot 0,435 = 2,68^0_{/0} < 5^0_{/0} \text{ adm.}$$

## 11.9. Tensiunea remanentă

$$U_{\text{rem}} \, ^0_{/0} = x_r \, ^0_{/0} \frac{\tilde{I}_k}{I_{\text{rn}}}$$

$$U_{\text{rem}} \, ^0_{/0} = 6 \cdot \frac{14,4}{1,5} = 58,5^0_{/0}$$

### NOTĂ:

$U_{\text{rem}} \, ^0_{/0}$  trebuie să fie de minimum 70% în cazul în care în paralel cu circuitul bobinei sînt racordate motoare alimentate de la aceeași sursă. În cazul în care condițiile de verificare nu sînt satisfăcute, se alege o bobină cu  $x_r \, ^0_{/0}$  imediat superioară și se reface calculul.

## Caracteristici constructive

Anexa 1

Nr. crt.	Tipul bobinei	Nr. cand. pe rază × nr. straturilor pe înălțime	Dimensiuni de gabarit (mm)		Masa (kg) pe bobina trifazată	
			Diametrul ext. al col. de beton, DBe	Înălțimea fazei cu iz. suport H fază	Cond. Aluminiiu	Cond. Cupru
1	RB-6-75-8	12 × 12	1420	835	4550	6130
2	RB-6-200-4	7 × 10	1025	700	1360	1885
3	RB-6-200-8	8 × 11	1140	700	1775	2595
4	RB-6-400-4	8 × 12	1150	835	1900	2940
5	RB-6-400-12	8 × 10	1140	745	1700	2720
6	RB-6-500-4	7 × 14	1025	925	1900	2725
7	RB-6-500-10	8 × 20	1140	1195	1900	3280
8	RB-6-600-4	7 × 12	1025	835	1800	2490
9	RB-6-600-5	8 × 10	1140	735	1700	2430
10	RB-6-600-6	8 × 12	1140	835	1900	2890
11	RB-6-600-10	8 × 16	1140	1015	1900	2090
12	RB-6-750-5	8 × 15	1140	970	1850	2870
13	RB-6-1000-4	8 × 11	1140	790	1775	2600
14	RB-6-1000-5	8 × 13	1140	880	1900	2850
15	RB-6-1000-6	8 × 14	1140	925	1950	3000
16	RB-6-1000-8	8 × 18	1140	1105	2000	2340
17	RB-6-1000-10	8 × 20	1140	1195	2050	4000
18	RB-6-1500-6	8 × 16	1140	1015	1850	3450
19	RB-6-1500-8	12 × 10	1420	745	4300	6000
20	RB-6-1500-10	12 × 12	1420	835	4550	6700
21	RB-6-2000-6	12 × 12	1420	835	4525	6600
22	RB-6-2000-8	12 × 14	1420	925	6000	8500
23	RB-6-2000-10	12 × 17	1420	1060	6700	9900
24	RB-6-2000+2000-8+8	12 × 14	1420	1660	9750	12200
25	RB-10-200-3	7 × 11	1025	790	1770	2400
26	RB-10-400-4	8 × 12	1140	1015	1800	3000
27	RB-10-400-5	8 × 18	1140	1105	2000	3400
28	RB-10-400-6	8 × 22	1140	1285	2200	3800
29	RB-10-400-8	12 × 14	1420	925	4000	5800
30	RB-10-400-10	12 × 16	1420	1015	4300	6400
31	RB-10-600-4	8 × 12	1140	845	1900	2800
32	RB-10-600-6	12 × 10	1420	855	1950	3250
33	RB-10-600-8	8 × 20	1140	1195	1950	2950
34	RB-10-600-10	8 × 23	1140	1330	2200	4500
35	RB-10-1000-4	8 × 15	1140	970	1875	3300
36	RB-10-1000-6	8 × 18	1140	1060	2000	2800
37	RB-10-1000-8	12 × 12	1420	835	4000	6100
38	RB-10-1000-10	12 × 14	1420	925	4100	6500
39	RB-10-1500-6	12 × 13	1420	890	3950	6300
40	RB-10-2000-6	12 × 19	1420	1160	4750	7800
41	RB-15-300-5	7 × 15	1025	1010	1900	3100

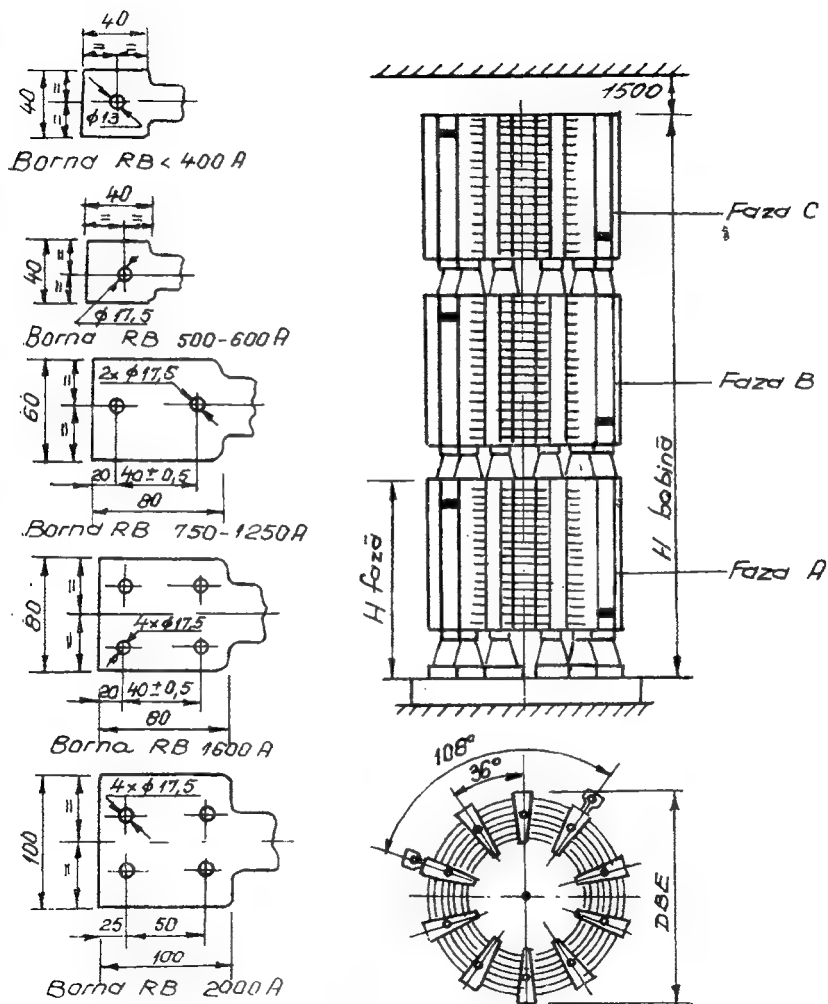
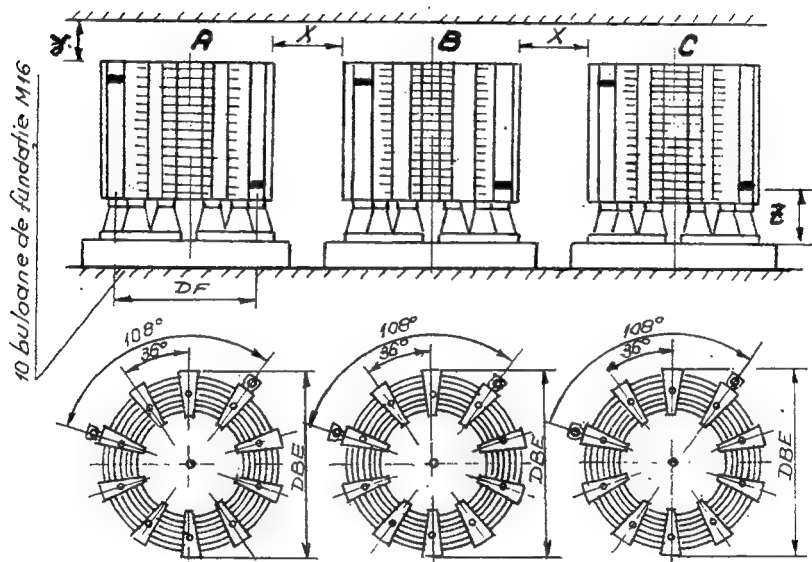


Fig. 9. Montarea suprapusă a bobinelor:

- 1) Se admite o toleranță a cotelor de gabarit de  $\pm 0,2\%$ ; 2) Faza din mijloc „B” se execută cu înfășurarea în sens invers decât celelalte faze „A” și „C”; 3) Montarea suprapusă se aplică bobinelor a căror masă trifazătă nu depășește 3 000 kg.



TIPUL BOBINEI	DF diametrul buloanelor de fundație	DBE diametrul ext. al col. de beton
RB 7 cond./fază	915	1025
RB 8 cond./fază	995	1140
RB 12 cond./fază	1135	1420

TENS. BOBINEI	Distanta în mm.		
	X	Y	Z
RB 6 kV	463	1500	285
RB 10 kV	580	1500	285
RB 15 kV	700	1500	325

Fig. 10. Montarea alăturată a bobinelor.

Anexa 2

Parametrii tehnici ai bobinelor de reactanță în beton (datele se referă numai la o singură fază)

Nr. crt.	Tipul bobinei de reactanță	Tensiune nominală, kV	Curent nominal, A	Reactanță pro-centuală $X_p$ , %	Impedanță nominală calculată $Z_N$ ohmi/fază	Rezistență ohmică la 20°C, ohmi/fază	Valoarea calculată a pierderilor în sarcină pe fază la 20°C, kW	Curentul limită termic, kA ef.	Curentul limită dinamic, kA max.	Secțiunea căii de curent „n” în paralel, mm <sup>2</sup>	Observații
1	RB-6-75-8	7,2	75	8	4,42	$7,15 \cdot 10^{-2}$	0,522	0,94	2,4	1 × 185	Se execută cu cond. Al
2	RB-6-200-4	7,2	200	4	0,835	$2,38 \cdot 10^{-2}$	1,24	5	12,75	1 × 185	„
3	RB-6-200-8	7,2	200	8	1,66	$3,7 \cdot 10^{-2}$	1,92	2,5	6,375	1 × 185	„
4	RB-6-400-4	7,2	400	4	0,416	$1,18 \cdot 10^{-2}$	2,45	10	25,5	2 × 185	„
5	RB-6-400-12	7,2	400	12	1,25	$2,72 \cdot 10^{-2}$	5,65	3,33	8,491	1 × 240	„
6	RB-6-500-4	7,2	500	4	0,333	$0,935 \cdot 10^{-2}$	2,98	12,5	31,87	2 × 185	„
7	RB-6-500-10	7,2	500	10	0,835	$1,565 \cdot 10^{-2}$	5,1	5	12,75	2 × 185	„
8	RB-6-600-4	7,2	600	4	0,2775	$0,78 \cdot 10^{-2}$	3,65	15	38,25	2 × 185	„
9	RB-6-600-5	7,2	600	5	0,3475	$0,83 \cdot 10^{-2}$	3,9	12	30,6	2 × 185	„
10	RB-6-600-6	7,2	600	6	0,416	$1,01 \cdot 10^{-2}$	4,74	10	25,5	2 × 185	„
11	RB-6-600-10	7,2	600	10	0,695	$1,35 \cdot 10^{-2}$	6,32	6	15,3	2 × 185	„
12	RB-6-750-5	7,2	750	5	0,2775	$0,515 \cdot 10^{-2}$	3,75	15	38,25	3 × 185	„
13	RB-6-1000-4	7,2	1000	4	0,166	$0,42 \cdot 10^{-2}$	5,5	25	63,75	3 × 185	„
14	RB-6-1000-5	7,2	1000	5	0,208	$0,485 \cdot 10^{-2}$	6,3	20	51	3 × 185	„
15	RB-6-1000-6	7,2	1000	6	0,25	$0,525 \cdot 10^{-2}$	6,85	16,6	42,33	3 × 185	„
16	RB-6-1000-8	7,2	1000	8	0,333	$0,68 \cdot 10^{-2}$	8,9	12,5	31,87	3 × 185	„
17	RB-6-1000-10	7,2	1000	10	0,416	$0,588 \cdot 10^{-2}$	7,66	10	25,5	3 × 240	„
18	RB-6-1500-6	7,2	1500	6	0,166	$0,266 \cdot 10^{-2}$	7,8	25	63,75	4 × 240	„
19	RB-6-1500-8	7,2	1500	8	0,225	$0,293 \cdot 10^{-2}$	8,6	18,75	47,81	4 × 240	„

20	RB-6-1500-10	7,2	1500	10	0,2775	$0,355 \cdot 10^{-2}$	10,4	15	38,25	$4 \times 240$	"
21	RB-6-2000-6	7,2	2000	6	0,125	$0,152 \cdot 10^{-2}$	7,8	33,3	84,91	$6 \times 240$	"
22	RB-6-2000-8	7,2	2000	8	0,166	$0,184 \cdot 10^{-2}$	9,6	25	63,75	$6 \times 240$	"
23	RB-6-2000-10	7,2	2000	10	0,208	$0,236 \cdot 10^{-2}$	12,2	20	51	$6 \times 240$	"
24	RB-6-2000+2000-8+8	7,2	2000 2000	8/8	0,166/0,166	$0,184 \cdot 10^{-2/}$ $0,184 \cdot 10^{-2}$	9,6/9,6	25/25	63,75/ 63,75	$6 \times 240$	"
25	RB-10-200-3	12	200	3	1,05	$2,95 \cdot 10^{-2}$	1,53	6,66	16,98	$1 \times 185$	"
26	RB-10-400-4	12	400	4	0,695	$1,36 \cdot 10^{-2}$	2,84	10	25,5	$2 \times 185$	"
27	RB-10-400-5	12	400	5	0,868	$1,60 \cdot 100^{-2}$	3,34	8	20,4	$2 \times 185$	"
28	RB-10-400-6	12	400	6	1,04	$1,85 \cdot 10^{-2}$	3,85	6,66	16,98	$2 \times 185$	"
29	RB-10-400-8	12	400	8	1,39	$2,07 \cdot 10^{-2}$	4,32	5	12,75	$2 \times 185$	"
30	RB-10-400-10	12	400	10	1,73	$2,38 \cdot 10^{-2}$	4,97	4	10,2	$2 \times 185$	"
31	RB-10-600-4	12	600	4	0,463	$1,06 \cdot 10^{-2}$	4,98	15	38,25	$2 \times 185$	"
32	RB-10-600-6	12	600	6	0,695	$1,482 \cdot 10^{-2}$	9,8	10	25,5	$2 \times 185$	"
33	RB-10-600-8	12	600	8	0,925	$1,32 \cdot 10^{-2}$	6,4	7,5	19,12	$2 \times 240$	"
34	RB-10-600-10	12	600	10	1,155	$1,53 \cdot 10^{-2}$	7,2	6	15,3	$2 \times 240$	"
35	RB-10-1000-4	12	1000	4	0,2775	$0,438 \cdot 10^{-2}$	5,7	25	63,75	$3 \times 240$	"
36	RB-10-1000-6	12	1000	6	0,418	$0,534 \cdot 10^{-2}$	6,84	16,6	42,33	$3 \times 240$	"
37	RB-10-1000-8	12	1000	8	0,555	$0,625 \cdot 10^{-2}$	8,12	12,5	31,87	$3 \times 240$	"
38	RB-10-1000-10	12	1000	10	0,695	$0,715 \cdot 10^{-2}$	9,4	10	25,5	$3 \times 240$	"
39	RB-10-1500-6	12	1500	6	0,2775	$0,39 \cdot 10^{-2}$	11,4	25	63,75	$4 \times 240$	"
40	RB-10-2000-6	12	2000	6	0,208	$0,266 \cdot 10^{-2}$	14,7	33,3	84,91	$6 \times 240$	"
41	RB-15-300-5	17,5	300	5	1,682	$3,12 \cdot 10^{-2}$	3,66	6	15,3	$1 \times 240$	"

\* Valoarea pierderilor în sarcină indicată în tabel este informativă; valoarea se va determina experimental.





MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE	Normativ privind metodolo- gia de calcul a curenților de scurtcircuit — Instalații cu tensiune peste 1 kV	PE 134/74																		
		Grupa 1 Electro- energetică																		
<div>C U P R I N S</div> <table><tr><td></td><td>Pag.</td></tr><tr><td>1. Domeniul de aplicare .</td><td>509</td></tr><tr><td>2. Definiții . . . . .</td><td>509</td></tr><tr><td>3. Metode de calcul ale curenților de scurtcircuit .</td><td>515</td></tr><tr><td>4. Elemente și scheme de calcul . . . . .</td><td>519</td></tr><tr><td>5. Curenții de scurtcircuit necesari în dimensionarea și veri- ficarea instalațiilor energetice . . . . .</td><td>522</td></tr><tr><td>6. Considerarea motoarelor la calculul curenților de scurt- circuit . . . . .</td><td>526</td></tr><tr><td>7. Considerații privind întocmirea schemelor homopolare .</td><td>528</td></tr><tr><td>Anexe .</td><td>531</td></tr></table>				Pag.	1. Domeniul de aplicare .	509	2. Definiții . . . . .	509	3. Metode de calcul ale curenților de scurtcircuit .	515	4. Elemente și scheme de calcul . . . . .	519	5. Curenții de scurtcircuit necesari în dimensionarea și veri- ficarea instalațiilor energetice . . . . .	522	6. Considerarea motoarelor la calculul curenților de scurt- circuit . . . . .	526	7. Considerații privind întocmirea schemelor homopolare .	528	Anexe .	531
	Pag.																			
1. Domeniul de aplicare .	509																			
2. Definiții . . . . .	509																			
3. Metode de calcul ale curenților de scurtcircuit .	515																			
4. Elemente și scheme de calcul . . . . .	519																			
5. Curenții de scurtcircuit necesari în dimensionarea și veri- ficarea instalațiilor energetice . . . . .	522																			
6. Considerarea motoarelor la calculul curenților de scurt- circuit . . . . .	526																			
7. Considerații privind întocmirea schemelor homopolare .	528																			
Anexe .	531																			
Aprobat cu ordinul M.E.E. nr. 96/1975	Înlocuiește :	Data intrării în vigoare: 1.06.1975																		



## 1. DOMENIUL DE APLICARE

**1.1.** Presentul normativ se aplică la calculul curenților de scurtcircuit în instalații electroenergetice de curent trifazat, cu tensiunea între 1 și 400 kV, pentru defectele considerate la paragraful 2.21.

**1.2.** Calculul curenților de scurtcircuit este necesar să se efectueze pentru:

- dimensionarea instalațiilor energetice noi;
- verificarea instalațiilor existente la solicitări de scurtcircuit, în condiții noi de dezvoltare a rețelei sistemului energetic național;
- stabilirea reglajelor protecției prin relee din instalațiile electrice;
- determinarea influenței liniilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicații;
- verificarea la stabilitate termică a liniilor electrice.

**1.3.** Calculele curenților de scurtcircuit se întocmesc cu o perspectivă diferită, în funcție de scopul lor, și anume:

- 5—10 ani pentru dimensionarea instalațiilor noi;
- 1—3 ani pentru verificarea instalațiilor;
- 5 ani pentru determinarea influenței liniilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicații;
- în mod curent la schimbări de configurație și regim pentru reglajul protecției.

## 2. DEFINIȚII

**2.1. Defectul** este modificarea accidentală locală a caracteristicilor unui circuit electric (de exemplu, ruperea unui conductor sau slăbirea izolației).

**2.2. Scurtcircuitul** reprezintă legătura galvanică voită sau întâmplătoare între două puncte ale unei instalații electrice cu potențiale diferite în regimul anterior.

**2.3. Sistemul trifazat simetric** este un sistem în care toate mărimile componente (tensiuni, curenți) au aceeași valoare efectivă (aceeași amplitudine), iar defazaajele dintre mărimile consecutive sînt egale între ele și egale cu  $\frac{2\pi}{3}$ .

**2.4. Sistemul trifazat nesimetric** este un sistem în care cel puțin una din condițiile de la punctul 2.3. nu este îndeplinită.

**2.5. Componentele simetrice** ale unui sistem nesimetric de curent (tensiune) sînt sisteme simetrice oarecare de faze, prin care poate fi înlocuit orice sistem trifazat de curenți (tensiuni) nesimetric. Componentele, utilizate în cele ce urmează, după succesiunea fazelor sînt:

— directe

$$\underline{I}_d = \frac{1}{3} (\underline{I}_R + a^2 \underline{I}_S + a \underline{I}_T)$$

— inverse

$$\underline{I}_i = \frac{1}{3} (\underline{I}_R + a \underline{I}_S + a^2 \underline{I}_T)$$

— homopolare

$$\underline{I}_h = \frac{1}{3} (\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T)$$

În mod similar se definesc și componentele simetrice de tensiune.

**2.6. Rețeaua trifazată echilibrată** este rețeaua, în care impedențele echivalente de fază și cele față de pămînt, precum și impedențele mutuale între faze sînt egale. Într-o rețea trifazată echilibrată, cu tensiuni electromotoare simetrice, tensiunile și curenții, în condiții normale de funcționare, formează sisteme simetrice.

**2.7. Rețeaua trifazată dezechilibrată** este rețeaua în care cel puțin una din impedențele proprii ale fazelor sau din cele mutuale este diferită de celelalte.

◆ **2.8. Curentul de scurtcircuit** este curentul care trece prin locul de defect în timpul scurtcircuitului. Curentul de scurtcircuit este inițial asimetric, în raport cu axa de timp și poate fi descompus într-o componentă de curent periodică (simetrică) și o componentă aperiodică (fig. 1)  $I_t = I_p + I_c$ .

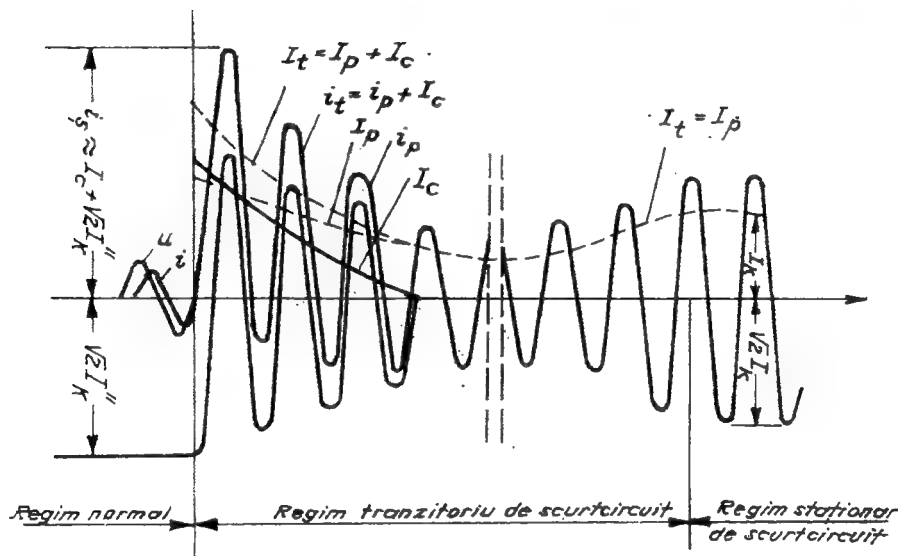


Fig. 1

**2.9. Componenta periodică  $I_p$**  a curentului de scurtcircuit este componenta curentului de scurtcircuit de frecvență egală cu cea de exploatare. Componenta periodică scade de la o valoare inițială  $I_k''$  pînă la valoarea permanentă  $I_k$ . La un scurtcircuit apropiat de generator, această scădere este importantă, în timp ce la un scurtcircuit depărtat de generator, valoarea componentei periodice a curentului de scurtcircuit este aproximativ constantă pe toată durata scurtcircuitului.

◆ **2.10. Componenta aperiodică** denumită și componenta de curent continuu ( $I_c$ ) a curentului de scurtcircuit este componenta curentului de frecvență nulă (de curent continuu) determinată de variația fluxului statorului.

**2.11. Valoarea inițială a componentei periodice  $I_k'$**  a curentului de scurtcircuit este valoarea sa efectivă în momentul producerii scurtcircuitului. Mărimea sa este determinată de reactanțele rețelei și de reactanțele supratranzitorii ale mașinilor sincrone (2.28.).

**2.12. Curentul de scurtcircuit de șoc  $i_{\text{ș}}$**  este cea mai mare valoare instantanee a curentului după producerea scurtcircuitului. Această valoare depinde de valoarea și faza tensiunii electromotoare în momentul producerii scurtcircuitului. Calculul curentului de scurtcircuit de șoc se face pentru momentul care dă cea mai mare valoare a acestuia.

**2.13. Valoarea tranzitorie a componentei periodice  $I_k'$**  a curentului de scurtcircuit este valoarea sa efectivă, care se determină din reactanțele rețelei și din reactanțele tranzitorii longitudinale  $X_d'$  ale generatoarelor (2.27.).

**2.14. Valoarea permanentă  $I_k$**  a curentului de scurtcircuit este valoarea sa efectivă, care se stabilește după trecerea procesului tranzitoriu. Această valoare depinde de reactanțele rețelei și de caracteristicile sistemului de reglaj al tensiunii generatoarelor.

**2.15. Curentul de declanșare  $I_a$**  este valoarea efectivă a componentei periodice a curentului de scurtcircuit, care trece prin întreruptor în momentul primei separări a contactelor.

**2.16. Curentul parțial de scurtcircuit** este partea curentului de scurtcircuit în diversele ramuri ale rețelei.

**2.17. Tensiunea nominală a rețelei  $U_N$**  este valoarea tensiunii electrice între faze, după care este denumită rețeaua și la care se referă anumite caracteristici de exploatare.

**2.18. Tensiunea de exploatare  $U$**  este valoarea medie a tensiunii cu care este exploatată o rețea în regim normal. Prin rețea se înțelege totalitatea instalațiilor care funcționează interconectat la aceeași tensiune nominală. Tensiunea de exploatare a rețelei poate fi înlocuită cu tensiunea nominală atît timp cît rețeaua nu este exploatată un timp îndelungat cu o tensiune superioară.

**2.19. Tensiunea inițială a mașinii sincrone  $E''$**  este valoarea efectivă a tensiunii reale în momentul producerii scurtcircuitului.

tului în spatele reactanței  $X_d'$ . Această tensiune se indică ca tensiune de fază și este dependentă de sarcina din momentul anterior scurtcircuitului.

**2.20. Puterea de scurtcircuit inițială  $S_k'$**  este produsul dintre valoarea inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit cu tensiunea de exploatare și factorul de fază  $\sqrt{3}$  ( $S_k' = \sqrt{3} U I_k'$ ).

**2.21. Tipurile de defecte transversale** care pot apărea în rețele electrice sînt: trifazat, bifazat, bifazat cu pămînt, monofazat și dublă punere la pămînt.

**2.22. Impedanța de scurtcircuit  $Z$**  este impedanța totală a circuitului străbătut de curentul de scurtcircuit.

**2.23. Impedanța directă  $Z_d$**  a unei rețele trifazate este impedanța acesteia de succesiune directă, văzută de la locul de defect. Impedanța directă se obține dacă la locul de defect se aplică (între punctul de nul și locul de defect) un sistem direct de tensiuni simetrice și dacă toate mașinile sincrone și asincrone sînt scurtcircuitate după impedanța lor internă (în punctul de potențial nul al schemei).

**2.24. Impedanța inversă  $Z_i$**  a unei rețele trifazate este impedanța fiecărei faze văzută de la locul de defect într-un sistem invers. Această impedanță se obține dacă la locul de defect se aplică un sistem invers de tensiuni. Impedanțele inverse diferă de cele directe numai la mașinile rotative.

**2.25. Impedanța homopolară  $Z_h$**  a unei rețele trifazate este impedanța fiecărei faze văzută de la locul de defect într-un sistem homopolar. Aceasta se obține dacă la locul de defect se aplică o tensiune între toate fazele scurtcircuitate și conductoarele de întoarcere comune (pămînt, instalații de punere la pămînt, conductor de nul, conductor de protecție, mantale ale cablurilor). În general, impedanțele homopolare diferă de cele directe și inverse.

**2.26. Reactanța sincronă longitudinală  $X_d$**  este raportul, în regim stabilizat, dintre valoarea amplitudinii fundamentalei componentei tensiunii electromotoare a indusului, produsă de fluxul longitudinal total, datorat componentei longitudinale a curentului indus, și valoarea amplitudinii fundamentalei acestui curent, mașina rotindu-se cu turația nominală.

**2.27. Reactanța tranzitorie longitudinală  $X_d'$**  este raportul dintre valoarea inițială a unei variații bruște a amplitudinii fundamentalei componente tensiunii electromotoare induse, produsă de fluxul longitudinal total, și valoarea variației simultane a amplitudinii fundamentalei componente longitudinale a curentului din indus, mașina rotindu-se la turația nominală, componentele cu descreștere rapidă în timpul primelor perioade fiind neglijate.

**2.28. Reactanța supratranzitorie longitudinală  $X_d''$**  (reactanța inițială) este reactanța reală a mașinii în momentul producerii scurtcircuitului. Se definește ca raportul dintre valoarea inițială a unei variații bruște a amplitudinii fundamentalei componente tensiunii electromotoare induse, produsă de fluxul longitudinal total al indusului, și valoarea variației simultane a amplitudinii fundamentalei componente longitudinale a curentului indusului, mașina rotindu-se la turația nominală.

**2.29. Constanta de timp în scurtcircuit a indusului  $T_a$**  este timpul necesar pentru ca valoarea componentei continue aperiodice, prezente în curentul de scurtcircuit, să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa inițială, în urma unei variații bruște a condițiilor de funcționare, mașina rotindu-se cu turația nominală.

**2.30. Constanta de timp tranzitorie longitudinală în circuit deschis  $T_{d0}$**  este timpul necesar pentru ca valoarea componente lent amortizate a tensiunii în circuit deschis, datorată fluxului longitudinal, să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa inițială, în urma unei variații bruște a condițiilor de funcționare, mașina rotindu-se la turația nominală.

**2.31. Constanta de timp tranzitorie longitudinală în scurtcircuit  $T_d'$**  este timpul necesar pentru ca valoarea componente cu variația lentă a curentului longitudinal din indusul în scurtcircuit să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa inițială, în urma unei variații bruște a condițiilor de funcționare, mașina rotindu-se la turația nominală.

**2.32. Constanta de timp supratranzitorie longitudinală în scurtcircuit  $T_d''$**  este timpul necesar pentru ca valoarea componente cu amortizare rapidă a curentului longitudinal din indusul în scurtcircuit, componentă prezentă în primele pe-



rioade care urmează unei variații bruște a condițiilor de funcționare, să descrească pînă la 0,368 din valoarea sa inițială, mașina rotindu-se la turația nominală.

**2.33. Metoda completă de calcul** este metoda în care se utilizează o reprezentare cît mai precisă a regimului rețelei înainte de apariția scurtcircuitului, cît și a elementelor rețelei, pentru care se determină valorile curenților de scurtcircuit.

**2.34. Metoda simplificată de calcul** este metoda în care se admit ipoteze simplificatoare asupra elementelor rețelei.

### 3. METODE DE CALCUL ALE CURENȚILOR DE SCURT-CIRCUIT

**3.1.** Pentru calculul curenților de scurtcircuit, în funcție de scopul acestora, se utilizează metode complete de calcul (2.33.) și metode simplificate de calcul (2.34.).

**3.2. Metoda completă de calcul** se utilizează la:

- verificarea instalațiilor la care puterea de scurtcircuit rezultată prin metoda simplificată este apropiată de puterea pentru care au fost dimensionate instalațiile respective;
- unele cazuri particulare de reglaj sau alegere a tipurilor de protecție pentru instalațiile noi.

**3.3. Metoda simplificată de calcul** se utilizează la:

- dimensionarea instalațiilor electrice;
- influența liniilor electrice de înaltă tensiune asupra liniilor de telecomunicații;
- calculele de stabilitate termică a liniilor electrice;
- calculele curenți de reglaj al protecției.

**3.4.** În calculele de scurtcircuit cu metoda completă se iau în considerare următoarele:

- regimul anterior apariției scurtcircuitului, din care se determină valorile tensiunilor în toate nodurile rețelei;
- liniile aeriene și cablurile electrice ce se reprezintă prin rezistența, reactanța inductivă și cea capacitivă;
- autotransformatoarele și transformatoarele, ce se reprezintă prin reactanțele lor calculate, ținînd seama de plotul de funcționare din regimul anterior scurtcircuitului;

Nr. crt.	Scopul calculelor	Metoda de calcul utilizată (elemente ce se consideră în calcul)				
		MT rețea aeriană sau cablu	110 kV rețea cablu	110 kV rețea aeriană	220 kV	400 kV
1	Dimensionarea echipamentului din stații, prize de pământ, reglaj protecție	Metoda simplificată				
		R, X	X			
2	Verificarea instalațiilor existente Cazuri particulare pentru alegerea tipurilor de protecție în instalații noi	Metoda completă (cu considerarea regimului anterior scurtcircuitului): — pentru linii R, X, Y <sub>c</sub> — pentru sarcini P, Q — pentru generatoare, motoare, modelarea fenomenului tranzitoriu				
3	Verificarea influenței asupra liniilor de telecomunicații	Metoda simplificată				
		X, R R <sub>arc</sub>	X, R <sub>arc</sub>			
4	Verificarea stabilității termice a) LEA	nu se verifică	Metoda simplificată X, R <sub>arc</sub>			
	b) LES	Metoda simplificată X, R				

NOTĂ: A se vedea paragrafele 5.8. și 5.9.

◆ Tabelul 1

Relațiile de calcul		Observații
Scurtcircuit trifazat	Scurtcircuit monofazat	
$I_{k3} = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot X_d}$	$I_{k1} = \frac{\sqrt{3c} \cdot U_N}{2X_d + X_h}$	$c = 1$ pentru rețele cu $U_N = 6 \div 220$ kV $c = 1,1$ pentru rețele cu $U_N = 400$ kV $X_d = X_i$
$I_{k3} = \frac{U_o}{\sqrt{3 \cdot \sqrt{R_d^2 + X_d^2}}}$	$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} U_o}{\sqrt{(2R_d + R_h)^2 + (2X_d + X_h)^2}}$	Aceste calcule se efectuează numai pentru situații în care puterea de scurtcircuit la o stație este apropiată de cea a echipamentului. Se menționează că metoda simplificată conduce de regulă la rezultate cu erori cuprinse între $-3\%$ și $+10\%$ față de metoda completă. $U_o$ — tensiunea în nod determinată din regimul anterior scurtcircuitului $X_d = X_i$
	a) pentru 110—400 kV $I_{k1} = \frac{\sqrt{3c} U_N}{\sqrt{(2X_d + X_h)^2 + (3R_{arc})^2}}$ b) pentru MT conform relațiilor din anexa 12	$c = 1,1$ pentru rețele cu $U_N = 6 \div 220$ kV $c = 1$ pentru rețele cu $U_N = 400$ kV $R_{arc} = 0$ defect în stație $R_{arc} = 15 \Omega$ defect pe LEA (cu conductor de protecție) $R_{arc} = 50 \Omega$ defect pe LEA (fără conductor de protecție) $X_d = X_i$
	idem poziția 3 a	$R_{arc} = 5 \Omega$
Idem poziția 2	idem poziția 2	$U_o = cU_N$

— generatoarele din noduri, ce se reprezintă prin injec-toare de curent (din puterea activă și reactivă cu care au fost încărcate în regimul anterior scurtcircuitului) și prin reac-tanța supratranzitorie conectată între nodul respectiv și pământ.

**OBSERVAȚIE.** În cazul determinării puterii de scurtcircuit pentru analiza fenomenului de flicker, generatoarele se modelează prin reactanța lor tran-zitorie.

— consumatorii se reprezintă prin impedanțe conectate între nodurile respective și pământ.

3.5. În metoda simplificată de calcul se admit următoarele ipoteze asupra reprezentării diferitelor elemente ale rețelei în schemele de calcul :

— se consideră aceeași tensiune  $U$  în toate nodurile rețelei ;

— liniile aeriene și cablurile de înaltă tensiune ( $U \geq 110$  kV) se reprezintă numai prin reactanța inductivă ;

— autotransformatoarele și transformatoarele se repre-zintă numai prin reactanța lor, considerînd funcționarea pe plotul mediu ;

— sarcinile se neglijează, cu excepția compensatoarelor și a motoarelor sincrone și asincrone.

3.6. În calculele curenților de scurtcircuit în rețeaua de medie tensiune, cu metoda simplificată de calcul, liniile aeriene și cablurile electrice se consideră prin rezistențele și reactanțele lor inductive.

3.7. În tabelul 1, în funcție de scopul calculelor de scurt-circuit, se indică metoda și elementele ce trebuie luate în con-siderare în aceste calcule.

**OBSERVAȚIE.** Calculele de scurtcircuit se efec-tuează cu mijloace de calcul uzuale pentru scheme mici. În cazul schemelor mari și buclate calculele de scurtcircuit se efectuează cu calculatorul electronic. Pentru calculatorul IRIS — 50 există programe pentru metoda completă de calcul (REN) și pentru metoda simplificată de calcul (SCIT).

#### 4. ELEMENTELE ȘI SCHEMELE DE CALCUL

4.1. Pentru calculul curenților de scurtcircuit, schema de calcul se întocmește diferențiat, în funcție de scopul calculului :

a) Pentru calcule de dimensionare, în care este necesară determinarea valorilor maxime ale curenților de scurtcircuit, schema va cuprinde toate elementele rețelei, și anume : toate generatoarele și compensatoarele sincrone instalate în centrale, toate liniile, toate transformatoarele, și, acolo unde este cazul, toate motoarele sincrone și asincrone. Pentru asemenea calcule generatoarele și motoarele se consideră prin reactanța lor supratranzitorie  $X_d'$ .

b) Pentru calcule de reglaj al protecției, de verificare a condițiilor de pornire a motoarelor și de stabilire a influenței fenomenului de flicker, se va întocmi schema de calcul care conduce la condițiile cele mai grele din punctul de vedere al fenomenului considerat. În acest scop se vor considera deconectate o parte din linii și transformatoare și se va ține seama de revizia sau avaria unor grupuri din centrale. Pentru analiza fenomenului de flicker, generatoarele se consideră prin reactanța lor tranzitorie  $X_d'$ .

4.2. Elementele unei rețele se introduc în calculul curenților de scurtcircuit prin impedanța  $Z$  sau prin reactanța lor  $X$ , exprimate în unități absolute  $\Omega$  sau în unități relative.

Prin valoarea relativă a unei mărimi fizice se înțelege raportul acesteia față de o altă mărime fizică de aceeași natură, aleasă ca unitate de bază. În calculele ce se efectuează, se alege o putere de bază  $S_b$  și o tensiune de bază  $U_b$ . Rezultă deci :

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} U_b}$$

$$Z_b = \frac{U_b}{\sqrt{3} I_b} = \frac{U_b^2}{S_b},$$

Tensiunea, curentul și impedanța se exprimă în unități relative în funcție de condițiile de bază alese astfel :

$U_*(b) = \frac{U}{U_b}$	$U_* = \frac{U}{U_b}$
$S_*(b) = \frac{S}{S_b}$	$S_* = \frac{S}{S_b}$

sau

$I_*(b) = \frac{I}{I_b}$	$I_* = \frac{I}{I_b}$
$Z_*(b) = \frac{Z}{Z_b}$	$Z_* = \frac{Z}{Z_b}$

$S_b$  se alege de obicei egală cu 100 MVA sau 1 000 MVA, iar  $U_b$  se consideră de obicei valoarea tensiunii rețelei în care are loc scurtcircuitul.

În cazul schemelor care conțin mai multe trepte de tensiune, legate între ele prin transformatoare, în cazul în care impedanțele (reactanțele) rețelei sînt exprimate în valori absolute ( $\Omega$ ) este necesar ca toate impedanțele (reactanțele) să fie raportate la aceeași treaptă de tensiune (de obicei, cea în care are loc scurtcircuitul).

În cazul exprimării în unități relative, toate impedanțele (reactanțele) trebuie raportate la o aceeași putere de bază și la o aceeași tensiune de bază. Dacă se calculează curenții de scurtcircuit în mai multe trepte de tensiune, alegerea de fiecare dată, ca tensiune de bază, a tensiunii medii a treptei în care are loc scurtcircuitul, conduce la faptul că valorile relative ale impedanțelor (reactanțelor) rămîn aceleași, indiferent de locul scurtcircuitului (se schimbă valoarea impedanței elementului exprimată în valori absolute, cît și impedanța de bază, astfel încît raportul lor, care reprezintă impedanța relativă, să rămînă neschimbat).

Relațiile de calcul ale impedanței (reactanței) elementelor unei rețele sînt prezentate în anexa 1.

**4.2.1.** Aportul la scurtcircuit al condensatoarelor în paralel poate fi neglijat în calculele de scurtcircuit.

**4.2.2.** Dimensionarea sau verificarea echipamentului stațiilor electrice și a cablurilor se fac considerînd că rezistența arcului la locul de defect este nulă.

Pentru anumite situații, prevăzute de standarde sau prescripții, se poate considera la locul de defect o rezistență.

Astfel, la verificarea la solicitări termice a elementelor liniilor aeriene se consideră la locul de defect o rezistență de  $5 \Omega$ .

La verificarea influenței liniilor de energie electrică asupra liniilor de telecomunicații se consideră o rezistență avînd următoarele valori :

- $15 \Omega$  pentru defecte pe linii aeriene cu conductoare de protecție ;
- $50 \Omega$  pentru defecte pe linii aeriene fără conductoare de protecție.

**4.3.** Pentru calculul impedanțelor (reactanțelor) diverselor elemente se consideră caracteristicile indicate de fabrica constructoare. Pentru situațiile în care aceste valori nu se cunosc, se vor folosi valorile caracteristice pentru elemente similare, indicate în anexele 2, 3, 6 a, 6 b, 7, 8 sau valorile medii indicate în anexa 9.

**4.4.** Schema echivalentă pentru calculul curenților de scurtcircuit se întocmește pentru o singură fază, atît în calculul scurtcircuitelor simetrice, cît și al celor nesimetrice. Pentru scurtcircuite simetrice este necesară numai schema de succesiune directă ; pentru scurtcircuite nesimetrice se întocmesc scheme echivalente, separate, pentru succesiunile : directă, inversă și, după caz, și cea homopolară.

**4.5.** În calculele de scurtcircuit se consideră reactanța directă egală cu cea inversă, pentru toate elementele de rețea. Excepție : în cazul în care este necesar să se calculeze un scurt-

circuit la bornele generatorului, se consideră  $x_1 \neq x_d$ , conform datelor de fabrică. În lipsa acestora se poate considera :

$x_1 = 1,45 x_d'$	— pentru mașini fără înfășurări de amortizare ;
$x_1 = 1,22 x_d''$	— pentru turbogeneratoare și mașini cu înfășurări de amortizare.

4.6. Reactanțele homopolare ale transformatoarelor (autotransformatoarelor) sînt determinate de construcția lor, de schema de conexiuni a înfășurărilor și de modul de tratare a neutrlui. În anexa 5 se indică relațiile de calcul ale reactanțelor homopolare ale transformatoarelor (autotransformatoarelor).

4.7. Impedanțele homopolare ale liniilor electrice aeriene și ale cablurilor sînt determinate de tipul constructiv, de poziția conductoarelor pe stîlp și, respectiv, a fazelor cablurilor în șanț, de caracteristicile conductorului de protecție a mantalelor cablurilor, precum și ale solului.

Relațiile de calcul al impedanțelor homopolare pentru linii aeriene sînt indicate în anexa 7. Pentru cabluri determinarea impedanțelor homopolare se face cu ajutorul diagramelor indicate în anexa 8.

## 5. CURENȚII DE SCURT-CIRCUIT NECESARI ÎN DIMENSIONAREA ȘI VERIFICAREA INSTALAȚIILOR ENERGETICE

5.1. Pentru dimensionarea și verificarea echipamentului electric este necesar să se ia în considerare valoarea cea mai mare dintre curenții de scurtcircuit care pot apărea în tipurile de defecte menționate la paragraful 2.21.

5.2. Pentru dimensionarea și verificarea echipamentului electric este necesar să se determine următoarele mărimi :

— componenta periodică a curentului inițial de scurtcircuit (curentul de scurtcircuit la timpul zero  $I_k'$ ) definit la paragraful 2.11. ;



- curentul de declanșare ( $I_a$ ) definit la paragraful 2.15.;
- curentul permanent de scurtcircuit ( $I_k$ ) definit la paragraful 2.14.;
- curentul de scurtcircuit de șoc ( $i_{\varphi}$ ) definit la paragraful 2.12.;
- curentul prin pământ care este :
  - un curent de scurtcircuit, în cazul rețelelor cu neutrul legat direct la pământ;
  - un curent capacitiv sau de dublă punere la pământ, în cazul rețelelor cu neutrul izolat sau tratat cu bobină de stingere.

5.3. Pentru scurtcircuitul trifazat, relațiile de calcul pentru curenții de scurtcircuit  $I'_k$ ,  $I_a$ ,  $I_k$  și  $i_{\varphi}$  sînt prezentate în tabelul 2.

unde:  $k'$  și  $K_{\infty}$  se determină din curbele de decrement pentru timpul 0,1 sau cu 0,2 s, respectiv  $\infty$ , în funcție de reacțanța rezultantă de calcul  $X_{calc}$ .

$$X_{calc} = x_* \cdot \frac{\sum S_N}{S_b}$$

dacă elementele rețelei sînt reprezentate în unități relative;

$$X_{calc} = x_{\Omega} \cdot \frac{\sum S_N}{U^2}$$

dacă elementele rețelei sînt reprezentate în valori absolute raportate la tensiunea  $U$ ;

Tabelul 2

Curentul	Elementele rețelei în unități absolute	Elementele rețelei în unități relative
$I'_k$	$I'_k = \frac{c U_N}{\sqrt{3} \sqrt{R^2 + X^2}}$	$I'_k = \frac{c S_b}{\sqrt{3} U_N \sqrt{R_*^2 + X_*^2}}$
$I_a$	$I_a = k' I_N$	$I_a = k' I_N$
$I_k$	$I_k = k_{\infty} I_N$	$I_k = k_{\infty} I_N$
$i_{\varphi}$	$i_{\varphi} = x_* \cdot \sqrt{2} I'_k$	$i_{\varphi} = x_{\Omega} \cdot \sqrt{2} I'_k$

$\Sigma S_N$  este puterea nominală a generatoarelor din rețea în MVA, pentru care se determină  $X_{calc}$ ;

$S_b$  — puterea de bază în MVA ;

$c$  — un factor care ține seama de diferența între tensiunea aplicată la locul de defect (în momentul anterior defectului) și tensiunea nominală :

$c = 1,1$  pentru tensiunile de 6—220 kV ;

$c = 1$  pentru tensiunea de 400 kV.

Se menționează că în situațiile în care în calculele de scurtcircuit, elementele rețelei se reprezintă prin impedanțele lor,  $X_{calc}$  se aproximează prin modulul impedanței rezultante  $Z$ .

$\kappa$  este un coeficient de șoc, care se determină din nomograma prezentată în anexa 13, în funcție de raportul  $R/X$  al impedanței echivalente de la sursă la locul de scurtcircuit.

**5.4.** Pentru valori ale lui  $X_{calc}$  mai mari decât 3, se poate considera  $I_k = I_a = I_k$ .

**5.5.** Pentru calculul curenților de scurtcircuit la barele centralelor la care sînt racordate grupuri hidrogeneratoare mai mari de 100 MW și grupuri termogeneratoare cu sisteme de excitație statică și regulatoare de tensiune tranzistorizate rapide, aportul acestora se determină astfel :

— pentru  $I_k'$  se consideră generatorul reprezentat prin reactanța supratranzitorie  $X_d'$ ;

— pentru  $I_a$  și  $I_k$  generatoarele se vor considera modelate prin ecuațiile Park (cu ajutorul calculatoarelor electronice).

Pentru grupurile termogeneratoare pînă la 300 MW cu regulatoare electromagnetice cu compoundaj și corector, și pentru grupurile hidrogeneratoare pînă la 100 MW calculul curenților de scurtcircuit  $I_k'$ ,  $I_a$  și  $I_k$  se face modelînd generatorul prin reactanța supratranzitorie  $X_d'$  și utilizînd coeficienții de decrement  $k$  (anexa 14) pentru timpul 0,1 s și  $\infty$

**5.6.** În cazul scurtcircuitelor nesimetrice, calculul curenților de scurtcircuit se efectuează cu ajutorul metodei componentelor simetrice.

Cele trei scheme de calcul, directă, inversă și homopolară, se conectează între ele în funcție de tipul scurtcircuitului, așa cum se indică în anexa 11. Schemele echivalente pentru dife-

Tabelul 3

Curentul	Scurtcircuitul monofazat	Scurtcircuitul bifazat fără punere la pământ	Scurtcircuitul bifazat cu punere la pământ	Dubla punere la pământ
$I_k''$	Conform anexe 11	Conform anexe 11	Conform anexe 11	Conform anexe 11
$I_a$	$I_{a1} = I_{k1}''$	$I_{a2} = k I_N$	Nu este concludent	$I_{app} = I_{kpp}''$
$I_k$	$I_{k1} = I_{k1}''$	$I_{k2} = \sqrt{3} k_{\infty} I_N$	Nu este concludent	$I_{kpp} = I_{kpp}''$
$i_{\phi}$	$i_{\phi 1} = \sqrt{2} \times I_{k1}''$	$i_{\phi 2} = \sqrt{2} \times I_{k2}''$	Nu este concludent	$i_{\phi pp} = \sqrt{2} \times I_{kpp}''$

rite tipuri de defecte nesimetrice pot fi considerate ca scheme de secvență directă, în care se introduce la locul de defect o reactanță suplimentară, formată din impedanța inversă și homopolară, conectate între ele diferit după tipul de defect.

5.7. Pentru scurtcircuitele nesimetrice, relațiile de calcul pentru  $I_k''$ ,  $I_a$  și  $I_k$  sînt prezentate în tabelul 3.

5.7.1. Curentul prin pământ se calculează cu relațiile indicate în anexa 12 pentru diverse tipuri de scurtcircuit.

5.7.2. Curentul capacitiv de punere la pământ, pentru rețele funcționind cu neutrul izolat sau tratat cu bobină de stingere (în general rețelele de medie tensiune), se calculează cu relația :

$$I_p = \sqrt{3} U C_0 \omega,$$

unde :

- $U$  este tensiunea rețelei între faze ;
- $C_0$  — capacitatea față de pământ (anexele 7 și 8) ;
- $\omega = 2\pi f$  (pentru  $f = 50$  Hz,  $\omega = 314$ ).

5.8. Pentru calcule de dimensionare și verificare a instalațiilor electrice la solicitările de scurtcircuit este necesar să se calculeze curenții de scurtcircuit trifazat sau monofazat, și anume :

— pentru valori ale raportului  $X_h/X_d$ , cuprinse între 0,2 și 1, curentul de scurtcircuit monofazat ( $I_{k1} > I_{k1}^*$ );

— pentru valori ale raportului  $X_h/X_d$  mai mari decît 1, curentul de scurtcircuit trifazat ( $I_{k3} \geq I_{k1}^*$ ).

**5.9.** Pentru determinarea curentului prin pămînt în rețele cu neutrul legat direct la pămînt, este necesar să se calculeze curenții de scurtcircuit monofazat sau bifazat cu pămînt, și anume :

— pentru valori ale raportului  $X_h/X_d$  mai mici decît 1, curentul de scurtcircuit bifazat cu pămînt ( $I_{k2p} > I_{k1}^*$ );

— pentru valori ale raportului  $X_h/X_d$  mai mari decît 1, curentul de scurtcircuit monofazat ( $I_{k1} > I_{k2p}^*$ ).

**OBSERVAȚIE.** Pentru situațiile în care este cunoscută valoarea curentului de scurtcircuit monofazat iar valoarea raportului  $X_h/X_d > 1$ , se poate obține valoarea curentului prin pămînt în cazul scurtcircuitului bifazat cu pămînt cu relația :

$$I_{k2p} = k_p I_{k1},$$

unde :

$$k_p = \frac{1 + 2 \frac{X_h}{X_d}}{2 + \frac{X_h}{X_d}}$$

**NOTĂ :** În anexele 15 și 16 sînt prezentate două exemple de calcul pentru determinarea curenților de scurtcircuit trifazat și monofazat.

## 6. CONSIDERAREA MOTOARELOR LA CALCULUL CURENȚILOR DE SCURT-CIRCUIT

**6.1.** Motoarele sincrone și compensatoarele sincrone se consideră în calculul curenților de scurtcircuit  $I_k^*$ ,  $I_a$  și  $I_k$  ca și generatoarele sincrone.

**6.2.** Motoarele asincrone cu tensiunea nominală peste 1 kV trebuie considerate în calculul curentului de scurtcircuit  $I_k$  astfel :

— totdeauna la bara de medie tensiune la care sînt racordate ;

— la barele de tensiune superioară la care sînt racordate prin transformatoare, numai dacă aportul acestor motoare la curentul de scurtcircuit este mai mare decît o abatere admisă de a % din aportul sistemului. Această condiție se verifică prin relația :

$$\frac{\Sigma S_M}{S_T} \leq \frac{a X_M}{\frac{100(1-a)S_T}{S_k} - a u_{kT}},$$

unde :

$\Sigma S_M$  este suma puterilor nominale ale tuturor motoarelor racordate la bara de medie tensiune, MVA ;

$S_T$  — puterea nominală a transformatoarelor prin care sînt racordate la bara de tensiune superioară MVA ;

$S_k$  — puterea de scurtcircuit a sistemului la bara de tensiune superioară (fără aportul motoarelor), MVA ;

$X_M$  — reactanța supratranzitorie a motoarelor, % ;

$u_{kT}$  — tensiunea de scurtcircuit a transformatorului care servește la racordarea motoarelor, %.

Pentru calcule de dimensionare la tensiunea de 110 kV sau mai mare se recomandă pentru „a” o valoare de 10%.

**6.3.** Aportul motoarelor asincrone la curentul de declanșare  $I_d$  este necesar să se calculeze numai în situația în care valoarea curentului de declanșare  $I_a$  (fără aportul motoarelor) este apropiată de valoarea curentului de rupere al întrerupătoarelor, iar timpul total de rupere al acestora este mai mic de 0,15 s. Pentru aceste situații se va efectua un calcul care să țină seama de parametrii motoarelor rezultați din regimul anterior scurtcircuitului.

6.4. Pentru situațiile în care se ține seama de aportul motoarelor asincrone la valoarea curentului de scurtcircuit  $I_k$ , acestea intervin și în calculul curentului de șoc  $i_{\text{ș}}$ .

## 7. CONSIDERAȚII PRIVIND ÎNTOCMIREA SCHEMELOR HOMOPOLARE

7.1. În calculele de scurtcircuit pentru întreaga rețea a sistemului energetic sau a unor zone mai întinse, în care se urmărește determinarea valorilor curenților de scurtcircuit numai la barele de 110—400 kV, se pot neglija inductanțele mutuale între circuitele liniilor electrice, care intervin în schema homopolară (anexa 7, poziția 10).

7.2. În calculele de scurtcircuit, în care se determină variația curenților de scurtcircuit pe diverse linii, pentru influența acestora asupra liniilor de telecomunicații sau pentru dimensionarea la stabilitate termică a lor, schema homopolară se va întocmi ținând seama de inductanțele mutuale între circuite, deci liniile se vor considera după indicațiile din anexa 7, poziția 10.

### Tabel de notații

#### 1. Curenți

$I_b$	— curentul de bază
$I_N$	— curentul nominal
$I_k''$	— valoarea inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit
$I_k'$	— valoarea tranzitorie a componentei periodice a curentului de scurtcircuit
$I_k$	— valoarea permanentă a curentului de scurtcircuit
$I_d$	— componenta directă a curentului de scurtcircuit
$I_i$	— componenta inversă a curentului de scurtcircuit
$I_h$	— componenta homopolară a curentului de scurtcircuit
$I_a$	— curentul de declanșare
$i_{\text{ș}}$	— curentul de șoc

2. *Tensiuni*

- $U_b$  — tensiunea de bază  
 $U_N$  — tensiunea nominală  
 $U$  — tensiunea de exploatare  
 $E''$  — tensiunea inițială a mașinii sincrone

3. *Impedanțe, reactanțe*

- $Z_d$  — impedanța directă a unei rețele trifazate  
 $Z_i$  — impedanța inversă a unei rețele trifazate  
 $Z_h$  — impedanța homopolară a unei rețele trifazate  
 $X_d$  — reactanța sincronă longitudinală  
 $X_d'$  — reactanța tranzitorie longitudinală  
 $X_d''$  — reactanța supratranzitorie longitudinală  
 $X_i$  — reactanța inversă  
 $X_h$  — reactanța homopolară

4. *Puteri*

- $S_b$  — puterea aparentă de bază  
 $S_N$  — puterea aparentă nominală  
 $S_k'$  — puterea de scurtcircuit inițială

5. *Constante de timp*

- $T_a$  — constanta de timp în scurtcircuit  
 $T_{do}$  — constanta de timp tranzitorie longitudinală în circuit deschis  
 $T_d'$  — constanta de timp tranzitorie longitudinală în scurtcircuit  
 $T_d''$  — constanta de timp supratranzitorie longitudinală în scurtcircuit

6. *Indici*

- $R$  — faza R  
 $S$  — faza S  
 $T$  — faza T  
 $d$  — secvența directă

- i — secvența inversă
- h — secvența homopolară
- k — mărimile la locul de scurtcircuit
- 1 — monofazat
- 2 — bifazat fără punere la pământ
- 2p — bifazat cu punere la pământ
- 3 — trifazat
- p — curentul prin pământ
- pp — dubla punere la pământ
- b — mărimile de bază
- N — mărimile nominale
- \* — pentru valori exprimate în unități relative



## Anexa 1

## Relații de calcul pentru impedanțele (reactanțele) elementelor de rețea

Elementul	Impedanța (Reactanța), $\Omega$	Impedanța (Reactanța), u.r.
Generator (compensatoare, motoare sincrone)	$X = \frac{X_{\%}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_{NG}}$ $X = \text{reactanța mașinii}$	$X = \frac{X_{\%}}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{NG}}$
Motoare asincrone	$X = \frac{1}{I_{por}} \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} I_N}$ $I_{por} = \text{curentul de pornire}$	$X = \frac{1}{I_{por}} \cdot \frac{S_b}{S_{NM}}$
Transformatoare	$X = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_{NT}}$ $U_K = \text{tensiunea de scurtcircuit}$	$X = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{NT}}$
Linii aeriene electrice, cabluri electrice	$Z = (r + jx) \cdot l^{(1)}$ $l = \text{lungimea liniei}$	$Z = (r + jx) \cdot l \cdot \frac{S_b}{U_N^2}$
Bobine de reactanță	$X = \frac{\epsilon \%}{100} \cdot \frac{U_N}{\sqrt{3} I_{NB}}$ $\epsilon = \text{reactanța relativă (căderea de tensiune nominală)}$	$Z = \frac{\epsilon \%}{100} \cdot \frac{I_b}{I_{NB}} \cdot \frac{U_N}{U_b}$
Reactanța rețelei de alimentare (în punctul k)	$X_K = \frac{U_{NK}^2}{S_K''}$	$X_K = \frac{c S_b}{S_K''}$
Sarcina	$Z = \frac{U_N^2}{P - jQ} =$ $= \frac{U_N^2}{S^2} (P + jQ)$	$Z = \frac{U_N^2}{P - jQ} \cdot \frac{S_b}{U_b^2} =$ $= \frac{S_b}{S^2} (P + jQ)$

1) Dacă calculul se face la o tensiune ( $U_2$ ) diferită de cea a liniei ( $U_1$ ) impedanța  $Z_2$  în valori absolute raportate  $U_2$  va fi  $Z_2 = Z_1 \left( \frac{U_2}{U_1} \right)^2$  în care  $Z_1 = (R + jx) l$ .

## Parametrii generatoarelor

Tipul	S <sub>N</sub> MVA	U <sub>N</sub> kV	I <sub>N</sub> kA	Cos. φ <sub>N</sub>	Rezistența înfașurării * la 75°C (20°C (10 <sup>-3</sup> Ω))		Reactanțele în unități relative						Constantele de timp, s		Const. de inertie (s) T <sub>j</sub>	
					Stator	Rotor	X'' <sub>d</sub>	X' <sub>d</sub>	X <sub>d</sub>	X <sub>a</sub>	X <sub>i</sub>	X <sub>h</sub>	T <sub>do</sub>	T'' <sub>d</sub>		
1. Turbogeneratoare fabricate în R.S.R.																
A 1300/900	3,75	6,3	0,343	0,8	33,3	345	0,123	0,169	1,689	1,689	0,151	0,0294				
A 1300/1050	5,0	6,3	0,459	0,8	26,4	370	0,126	0,190	1,771	1,771	0,154	0,0695				
A 1500/1400	9,0	6,3	0,825	0,8	11,6	341	0,142	0,200	1,877	1,877	0,173	0,0802				
TA-12-2	15,0	6,3	1,375	0,8	4,82	—	0,115	0,175	1,820	1,820	0,140	0,0550				
TH-60-2	75,0	10,5	4,125	0,8	—	99,5	0,146	0,217	1,657	1,657	—	—				
U.M.G.B.	188,2	15,75	6,900	0,85	2,55	92	0,222	0,188	2,1	2,1	0,23	0,102	4,616	0,035		
U.M.G.B.	388	24	—	0,85	—	—	0,222	0,288	2,07	2,07	—	0,116	6,13	0,096		
2. Hidrogeneratoare fabricate în R.S.R.																
HVS 260/35-10	3,8	6,3	—	0,9	—	—	0,21	0,215	1,12	—	—	—	—	—	—	—
HVS 424/55-44	4,3	6,3	—	0,9	—	—	0,22	0,31	1,02	—	—	—	—	—	—	—
HVS 260/55-10	5,8	6,3	—	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HVS 420/65-28	6,2	6,3	—	0,9	—	—	0,17	0,27	0,981	—	—	—	—	—	—	—
HVS 426/66-36	6,4	6,3	—	0,9	—	—	0,21	0,26	0,81	—	—	—	—	—	—	—
HVS 375/150-24	8,5	6,3	—	0,9	—	—	0,18	0,27	1,089	—	—	—	—	—	—	—
HVS 380/90-28	8,85	6,3	—	0,9	—	—	0,17	0,245	0,935	—	—	—	—	—	—	—
HVS 375/100-24	9,5	6,3	—	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HVS 602/95-44	12,5	6,3	—	0,9	—	—	0,21	0,32	1,03	—	—	—	—	—	—	—
HVS 795/90-64	21,0	10,5	1,155	0,9	3,97	182,5	0,2128	0,2938	0,805E	0,5328	0,217	0,0905				
HVS 638/100-36	25,0	10,5	—	0,9	—	—	0,18	0,27	0,979	—	—	—	—	—	—	—



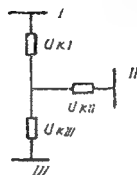
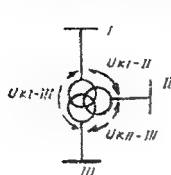
Anexa 3

## Parametrii compensatoarelor

Tipul	Puterea nomi- nală, M Var	$U_N$ kV	$I_N$ kA	$\cos \varphi$	Reactanțele, %			Constan- tele de timp, s		Con- stanta de inerție, GD <sup>2</sup>
					$X_d$	$X'_d$	$X''_d$	$T'_{d0}$	$T'_d$	
HK 682760/6	60	10,5	3,3	0,0092	171	27,5	22,0	11,7	2,2	0,78
ASEA	280	16	—	—	210	51,0	27,0	—	—	1,24

## Anexa 4

**Relații privind stabilirea și transformarea schemelor electrice.  
Transformatoare (autotransformatoare) cu trei înfășurări**



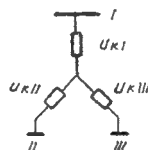
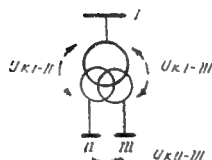
$$\begin{aligned} U_{KI} &= \frac{U_{KI-II} + U_{KI-III} - U_{KII-III}}{2} \\ U_{KII} &= \frac{U_{KI-II} + U_{KII-III} - U_{KI-III}}{2} \\ U_{KIII} &= \frac{U_{KI-III} + U_{KII-III} - U_{KI-II}}{2} \end{aligned}$$

**OBSERVAȚII :**

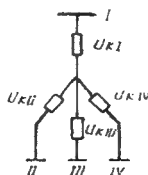
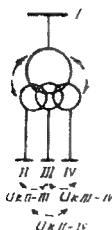
- în cazul transformatoarelor (autotransformatoarelor) cu înfășurări de putere diferită, tensiunile de scurtcircuit  $U_{KI}$ ,  $U_{KII-III}$  și  $U_{KI-III}$  trebuie să fie raportate la aceeași putere (de regulă puterea nominală cea mai mare)

- Raportarea tensiunilor de scurtcircuit de la o putere  $S_n$  la puterea  $S_n$  se face cu relația :

$$U_{KI-II} = U'_{KI-II} \cdot \frac{S_n}{S_n'}$$

**TRANSFORMATOARE CU O ÎNFĂȘURARE DIVIZATĂ ÎN DOUĂ PĂRȚI**

Relațiile de calcul sînt aceleași ca la transformatoarele cu trei înfășurări.

**TRANSFORMATOARE CU O ÎNFĂȘURARE DIVIZATĂ ÎN TREI PĂRȚI**

De obicei -  $U_{KI-II} = U_{KI-III} = U_{KI-IV}$  și  $U_{KII-III} = U_{KII-IV} = U_{KIII-IV}$

$$\begin{aligned} U_{KI} &= U_{KI-II} = \frac{U_{KII-III} + U_{KII-IV} + U_{KIII-IV}}{3} \\ U_{KII} &= U_{KIV} = \frac{U_{KII-III} + U_{KII-IV} - U_{KIII-IV}}{2} \end{aligned}$$

**Relații de calcul și scheme echivalente pentru reactanțele homopolare**

Scheme echivalente homopolare ale transformatoarelor  
și autotransformatoarelor

		$X_h = X_d = X_{I-II}$
		$X_h \approx X_d$
<p><i>Indiferent de conexiunea secundarului</i></p>		$X_h = \infty$
		$X_h = X_I + X_{II} = X_{dI-II}$
		$X_h = X_I + \frac{X_{II} \cdot X_{III}}{X_{II} + X_{III}}$
		<p><i>Întreaga schemă echivalentă a transformatorului se introduce în schema generală a secvenței homopolare</i></p>

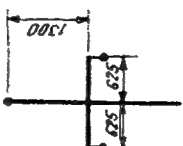
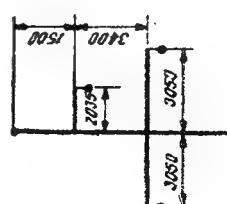
Anexa 6 a

## Conductoare de oțel-aluminiu neizolate

Construc- ția con- duc- torului de oțel- aluminiu	Secțiunea nominală a conductorului de O <sub>2</sub> -Al, mm <sup>2</sup>	Nr. total de fire aluminiu-oțel	Diametrul conductorului, mm	Rezistența în c.c. la 20°C, $\Omega$ /km	$f = 50$ Hz		
					Rezistența în c.c., $\Omega$ /km	Reactanța internă, $\Omega$ /km	Reza medie geometrică echivalentă, m
N o r m a	25/4	6/1	6,8	1,202	1,202048	0,01222	0,00280
	35/6	6/1	8,1	0,830	0,830108	0,01271	0,00330
	50/8	6/1	9,6	0,594	0,594137	0,01300	0,00390
	70/12	26/7	11,6	0,437	0,43714	0,01300	0,00471
	95/15	26/7	13,4	0,321	0,32126	0,01330	0,00542
	120/21	26/7	15,7	0,236	0,23635	0,01330	0,00635
	150/25	26/7	17,3	0,193	0,19343	0,01330	0,00700
	185/32	26/7	19,2	0,157	0,15752	0,01330	0,00776
	240/40	26/7	21,7	0,122	0,12268	0,01330	0,00877
	300/50	26/7	24,2	0,098	0,09884	0,01330	0,00979
	400/75	28/19	28,2	0,074	0,07509	0,01196	0,01164
	450/75	63/19	29,25	0,066	0,06723	0,01330	0,01184

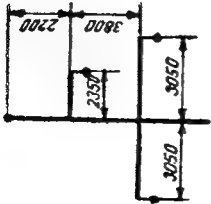
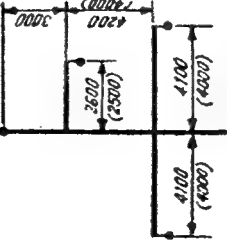
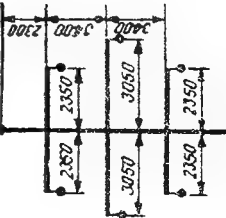
Anexa 6 b

Parametrii liniilor electrice aeriene de 20÷400 kV

Tipul de stîlp	Tensiune kV	Felul stîlpului	Secțiunea conductorului mm <sup>2</sup>	Număr circuit	Rezistența $\Omega/\text{km}$			Reactanța Inductoare $\Omega/\text{km}$			Admitanța capacitivă $10^{-6} \text{ s/km}$		
					$r_1$	$r_0$	$x_0$	$x_1$	$x_0$	$y_0$	$y_1$	$y_0$	$y_1$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
	6—20	beton centrifugat	3×35 OIAI	1	.830	.975	.365	1.596	4.372	3.012	1.38		
			3×30 OIAI	1	.594	.739	.354	1.595	4.472	3.102	1.398		
		beton comprimat	3×70 OIAI	1	.437	.582	.343	1.573	4.592	3.209	1.420		
			3×95 OIAI	1	.321	.466	.334	1.565	4.683	3.291	1.436		
	110	beton	3×150 OIAI+70 OI	1	.193	.405	.401	1.349	3.365	2.787	1.889		
			3×185 OIAI+70 OI	1	.157	.368	.394	1.342	3.404	2.834	1.909		
			3×240 OIAI+70 OI	1	.122	.334	.386	1.334	3.452	2.892	1.935		
			3×300 OIAI+70 OI	1	.098	.310	.380	1.327	3.496	2.945	1.959		

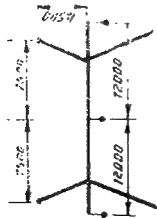
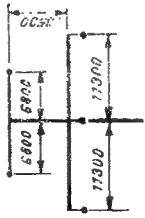
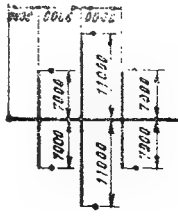


Anexa 6 b (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	110	beton	$3 \times 150 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $3 \times 185 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $3 \times 240 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $3 \times 300 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$	1	.193	.406	.386	1.378	3.568	2.913	1.784
				1	.157	.370	.380	1.371	3.612	2.963	1.803
				1	.122	.335	.372	1.364	3.666	3.028	1.826
				1	.098	.311	.365	1.357	3.716	3.088	1.847
	110	metalic	$3 \times 150 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $3 \times 185 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $3 \times 185 \text{ OIAI} + 95 \text{ OI}$ $3 \times 240 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $3 \times 300 \text{ OIAI} + 95 \text{ OI}$	1	.193	.396	.417	1.320	3.168	2.684	1.878
				1	.157	.360	.410	1.314	3.203	2.728	1.899
				1	.157	.380	.410	1.295	3.157	2.728	1.901
				1	.122	.325	.402	1.306	3.245	2.781	1.925
				1	.098	.321	.395	1.28	3.237	2.831	1.95
	110 d.c.	beton	$2 \times 3 \times 150 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $2 \times 3 \times 185 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $2 \times 3 \times 240 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$ $2 \times 3 \times 300 \text{ OIAI} + 70 \text{ OI}$	2	.097	.302	.209	1.142	5.58	5.536	2.737
				2	.079	.284	.201	1.139	5.654	5.629	2.76
				2	.061	.266	.198	1.135	5.745	5.743	2.787
				2	.049	.254	.194	1.132	5.829	5.849	2.812

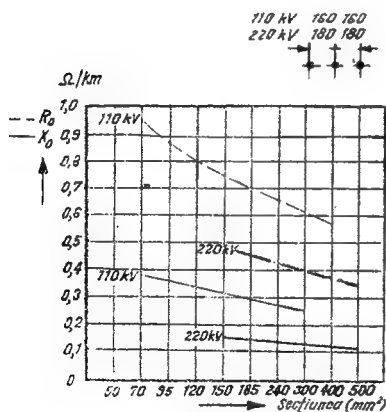
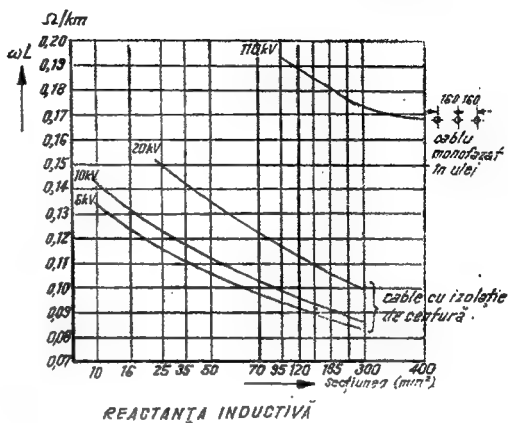
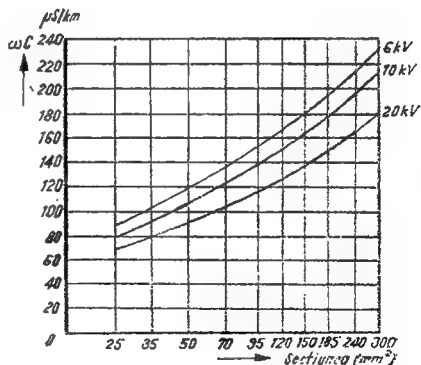


Anexa 6 b (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	400	metalic	$3 \times 2 \times 450 \text{ OIAI}$ $+ 2 \times 160/95 \text{ OIAI}$	1	.034	.137	.330	.682	2.069	3.473	2.731
	400	metalic	$3 \times 2 \times 450 \text{ OIAI}$ $+ 2 \times 160/95 \text{ OIAI}$	1	.034	.138	.326	.673	2.07	3.504	2.725
	400 d.c.	metalic	$2 \times 3(2 \times 450 \text{ OIAI})$ $+ 160/95 \text{ OIAI}$	2	.017	.134	.166	.709	4.273	6.888	3.422

## Valori medii pentru parametrii caracteristici ai cablurilor de 6÷220 kV

Secțiune mm <sup>2</sup>	Cu	Al
10	1,79	3,03
16	1,121	1,90
25	0,722	1,22
35	0,518	0,874
50	0,366	0,615
70	0,265	0,443
95	0,200	0,331
120	0,161	0,265
150	0,131	0,214
185	0,109	0,176
240	0,087	0,138
300	0,072	0,113

REZISTENȚA CONDUCTOARELOR  
DE CU ȘI AL LA 20 °C ÎN  $\Omega/\text{km}$ REACTANȚA INDUCTIVĂ HOMOPOLARĂ  
A CABLURILOR CU ULEI 110, 220 kVSUSCEPTANȚA CAPACITIVĂ DIRECTĂ  
(DE FUNCȚIONARE)

## Anexa 9

**Valori medii ale parametrilor caracteristici pentru elementele ce intervin în schema de succesiune directă**

## A. GENERATOARE

Elementul	Valoarea reactanței (%)		
	$X_d'$	$X_d''$	$X_d$
Turbogeneratoare: $\leq 25$ MW	12,5	19	170
30÷100 MW	14,5	22	165
100÷300 MW	19,5	27	185
Hidrogeneratoare: cu inf. de amortizare	20,0	35	115
fără inf. de amortizare	27,0	27	115
Compensatoare și motoare sincrone	20,0	35	180

## B. TRANSFORMĂTOARE

cu două înfășurări:	6÷20 kV	4÷6	—	—
	35 kV	7,5	—	—
	110 kV	10,5	—	—
	220 kV	10,5	—	—

## C. LINII AERIENE

Tensiunea kV	Secțiunea, mm <sup>2</sup>	R, $\Omega$ /km	X, $\Omega$ /km	$Y_C \times 10^{-6}$ , S/km
110	3×150 OIAI	0,198	0,4	2,8
	3×185 OIAI	0,160	0,4	2,84
	3×240 OIAI	0,124	0,4	2,9
	3×300 OIAI	0,100	0,4	2,97
	3×450 OIAI	0,071	0,42	2,9
220	3×400 OIAI	0,078	0,41	2,7
	3×450 OIAI	0,071	0,42	2,9
400	3 (2×450) OIAI	0,0325	0,334	3,485

**D. CABLURI DE ÎNALTĂ TENSIUNE**

Tensiunea, kV	Secțiunea, mm	R, $\Omega/\text{km}$	X, $\Omega/\text{km}$	$Y_C \times 10^{-6} \text{ S/km}$
110	3×170 Cu Pirelli	0,135	0,22	103,6
	3×240 Cu	0,078	0,19	—
	3×300 Cu	0,062	0,18	—
	3×400 Cu Pirelli	0,063	0,11	—
	3×400 Cu	0,05	0,17	122,0
	3×400 Cu (Anglia)	0,04483	0,093	127,0
	3×500 Al	0,0605	0,095	163,0
	3×750 Pirelli	0,0392	—	—

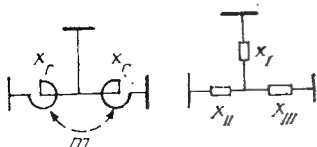
**E. CABLURI DE MEDIE TENSIUNE (6,10 și 20 kV)**

Secțiunea, mm <sup>2</sup>	R, $\Omega/\text{km}$	X, $\Omega/\text{km}$			$Y_C \times 10^{-6} \text{ S/km}$		
		6 kV	10 kV	20 kV	6 kV	10 kV	20 kV
3×95 Al	0,306	0,078	0,083	0,110	219,9	141,4	91,1
3×120 Al	0,241	0,076	0,081	0,107	238,8	153,9	97,4
3×150 Al	0,194	0,074	0,079	—	263,9	166,5	—

## Relații de transfigurare a schemelor

SCHEMA		RELAȚII DE TRANSFIGURARE A REACTANȚELOR	DISTRIBUȚIA CURENȚILOR ÎN SCHEMA ÎNAINTE DE TRANSFORMARE
ÎNAINTE DE TRANSFIGURARE	DUPĂ TRANSFIGURARE		
		$X_e = X_1 + X_2 + \dots + X_n$	$I_1 = I_2 = I_n$
		$X_e = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}}$ PENTRU 2 REACTANȚE $X_e = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}$	$I_n = I \cdot \frac{X_e}{X_n}$
		$X_A = \frac{X_{AB} \cdot X_{AC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}}$ $X_B = \frac{X_{AB} \cdot X_{BC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}}$ $X_C = \frac{X_{AC} \cdot X_{BC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}}$	$I_{BA} = \frac{I_B X_B - I_A X_A}{X_{AB}}$ $I_{AC} = \frac{I_A X_A - I_C X_C}{X_{AC}}$ $I_{CB} = \frac{I_C X_C - I_B X_B}{X_{CB}}$
		$X_{AB} = X_A + X_B + \frac{X_A \cdot X_B}{X_C}$ $X_{BC} = X_B + X_C + \frac{X_B \cdot X_C}{X_A}$ $X_{AC} = X_A + X_C + \frac{X_A \cdot X_C}{X_B}$	
		$X_{AB} = X_A \cdot X_B \cdot \Sigma Y$ $X_{BC} = X_B \cdot X_C \cdot \Sigma Y$ $\Sigma Y = \frac{1}{X_A} + \frac{1}{X_B} + \frac{1}{X_C} + \frac{1}{X_D}$ ANALOG ȘI PENTRU O STEA CU MAI MULTE RAZE	$I_A = I_{AC} + I_{AB} - I_{DA}$ --- --- --- s.d.m.d.

## REACTORI JUMELAȚI



$$X_I = -m \cdot X_r$$

$$X_{II} = X_{III} = X_r (1+m)$$

$X_r$  = reactanța unei ramuri a reactorului  
cînd cealaltă ramură este în gol  
 $m$  = coeficientul de cuplaj între ramurile  
reactorului.

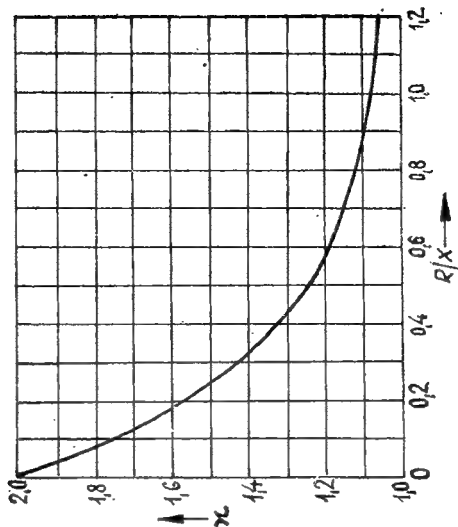
$$0,062m^2$$

Relații de calcul pentru curenții prin pământ

Defectul	Curentul prin pământ ( $E \approx \frac{U_h}{\sqrt{3}}$ )
	$I_p = \frac{3E}{Z_s + Z_l + Z_h + 3Z_f}$
	$I_p = \frac{3EZ_l}{Z_s + Z_l + (Z_d + 2Z_l)(Z_h + 3Z_f)}$
	$I_p = \frac{-j3\sqrt{3}E}{3(Z_{d0} + Z_{l0}) + Z_{d0} + Z_{l0} + Z_{h0} + 3Z_f + 3Z_s}$
	$I_p = \frac{-j3\sqrt{3}E}{3(Z_{d0} + Z_{l0}) + Z_{d0} + Z_{l0} + Z_{h0} + 3Z_f + 3Z_s}$
	$I_p = \frac{-j3\sqrt{3}E}{3(Z_{d0} + Z_{l0}) + Z_{d0} + Z_{l0} + Z_{h0} + 3Z_f + 3Z_s}$

NOTA: De regulă se consideră  $Z_d = Z_l$ ;  
Pentru scurtcircuitul fără, are  $Z_f = 0$  și  $Z_s = 0$

Exemplul de calcul nr. 1





## Anexa 14

Tabele de decrement ale multiplului curentului nominal  $\left(K = \frac{I}{I_N}\right)$

a) turboalternatori cu reglaj automat al tensiunii

$(I_K'' = K_0 I_N; I_a = K_{0,1} I_N; I_K = K_\infty I_N)$

X calc	0	0,1	0,2	$\infty$	X calc	0	0,1	0,2	$\infty$
0,1	11	6,84	5,9	2,89	0,5	2,02	1,75	1,66	1,83
0,11	10	8,3	5,45	2,83	0,51	1,99	1,71	1,63	1,81
0,12	8,5	5,75	5,1	2,8	0,52	1,93	1,69	1,6	1,79
0,13	8	5,5	4,8	2,79	0,53	1,9	1,66	1,58	1,775
0,14	7,4	5,23	4,6	2,75	0,54	1,87	1,63	1,55	1,76
0,15	6,8	5	4,35	2,71	0,55	1,82	1,6	1,52	1,73
0,16	6,4	4,82	4,2	2,68	0,56	1,78	1,57	1,5	1,71
0,17	6	4,56	4	2,62	0,57	1,73	1,53	1,49	1,695
0,18	5,6	4,35	3,8	2,6	0,58	1,71	1,52	1,46	1,69
0,19	5,4	4,25	3,7	2,59	0,59	1,69	1,5	1,43	1,665
0,2	5	4	3,5	2,57	0,6	1,67	1,48	1,42	1,66
0,21	4,8	3,85	3,35	2,53	0,61	1,63	1,46	1,40	1,63
0,22	4,6	3,7	3,25	2,5	0,62	1,6	1,44	1,39	1,61
0,23	4,3	3,52	3,13	2,49	0,63	1,58	1,42	1,37	1,60
0,24	4,1	3,4	3	2,46	0,64	1,54	1,40	1,35	1,59
0,25	3,95	3,29	2,97	2,43	0,65	1,53	1,39	1,33	1,575
0,26	3,86	3,2	2,91	2,41	0,66	1,5	1,37	1,31	1,555
0,27	3,75	3,1	2,82	2,39	0,67	1,49	1,35	1,30	1,535
0,28	3,6	2,98	2,72	2,38	0,68	1,48	1,33	1,28	1,52
0,29	3,48	2,9	2,64	2,33	0,69	1,45	1,31	1,27	1,515
0,3	3,36	2,77	2,56	2,3	0,7	1,43	1,30	1,26	1,5
0,31	3,22	2,68	2,5	2,28	0,71	1,41	1,28	1,24	1,49
0,32	3,13	2,61	2,42	2,26	0,72	1,395	1,26	1,22	1,475
0,33	3,02	2,54	2,38	2,22	0,73	1,38	1,25	1,20	1,465
0,34	2,97	2,49	2,3	2,2	0,74	1,37	1,23	1,19	1,45
0,35	2,9	2,43	2,25	2,18	0,75	1,35	1,22	1,18	1,435
0,36	2,81	2,38	2,2	2,16	0,76	1,33	1,20	1,17	1,42
0,37	2,75	2,32	2,18	2,13	0,77	1,315	1,19	1,16	1,415
0,38	2,7	2,28	2,12	2,1	0,78	1,3	1,18	1,14	1,4
0,39	2,61	2,23	2,08	2,08	0,79	1,29	1,17	1,13	1,395
0,4	2,54	2,17	2,03	2,06	0,8	1,28	1,16	1,11	1,38
0,41	2,48	2,12	1,98	2,02	0,81	1,26	1,14	1,09	1,36
0,42	2,41	2,06	1,93	2	0,82	1,235	1,12	1,08	1,34
0,43	2,35	2,01	1,9	1,98	0,83	1,22	1,11	1,07	1,33
0,44	2,3	1,98	1,86	1,96	0,84	1,205	1,10	1,06	1,32
0,45	2,26	1,93	1,82	1,93	0,85	1,2	1,09	1,05	1,315
0,46	2,19	1,89	1,79	1,9	0,86	1,19	1,08	1,04	1,31
0,47	2,15	1,86	1,75	1,89	0,87	1,17	1,07	1,03	1,295
0,48	2,1	1,82	1,71	1,87	0,88	1,16	1,06	1,02	1,285
0,49	2,05	1,78	1,68	1,85	0,89	1,14	1,04	1,01	1,282

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
0,9	1,13	1,03	1	1,27	1,3	0,77	0,72	0,719	0,848
0,91	1,115	1,02	0,99	1,248	1,31	0,765	0,716	0,712	0,842
0,92	1,1	1,01	0,98	1,23	1,32	0,76	0,713	0,707	0,836
0,93	1,08	1,0	0,97	1,225	1,33	0,755	0,709	0,702	0,83
0,94	1,07	0,98	0,96	1,219	1,34	0,75	0,704	0,697	0,824
0,95	1,06	0,97	0,956	1,024	1,35	0,74	0,7	0,694	0,818
0,96	1,05	0,96	0,95	1,198	1,36	0,735	0,695	0,69	0,812
0,97	1,04	0,95	0,945	1,19	1,37	0,73	0,692	0,688	0,805
0,98	1,03	0,94	0,938	1,179	1,38	0,725	0,688	0,684	0,796
0,99	1,02	0,93	0,927	1,168	1,39	0,72	0,684	0,68	0,792
1,0	1	0,92	0,918	1,16	1,4	0,715	0,68	0,676	0,788
1,01	0,995	0,909	0,903	1,148	1,41	0,71	0,676	0,673	0,783
1,02	0,99	0,899	0,895	1,124	1,42	0,705	0,673	0,669	0,778
1,03	0,985	0,892	0,89	1,112	1,43	0,7	0,669	0,663	0,773
1,04	0,98	0,884	0,88	1,1	1,44	0,695	0,663	0,658	0,768
1,05	0,97	0,877	0,87	1,088	1,45	0,69	0,658	0,655	0,763
1,06	0,96	0,871	0,869	1,076	1,46	0,685	0,655	0,65	0,758
1,07	0,95	0,865	0,861	1,064	1,47	0,68	0,65	0,644	0,753
1,08	0,94	0,859	0,855	1,052	1,48	0,675	0,644	0,638	0,748
1,09	0,93	0,852	0,848	1,04	1,49	0,67	0,638	0,635	0,742
1,1	0,92	0,845	0,84	1,03	1,5	0,665	0,635	0,63	0,735
1,11	0,9	0,839	0,834	1,02	1,51	0,66	0,63	0,625	0,73
1,12	0,885	0,833	0,83	1,01	1,52	0,658	0,625	0,62	0,725
1,13	0,88	0,826	0,822	1,0	1,53	0,655	0,62	0,616	0,72
1,14	0,87	0,82	0,816	0,99	1,54	0,65	0,616	0,612	0,715
1,15	0,865	0,813	0,81	0,98	1,55	0,648	0,612	0,608	0,71
1,16	0,86	0,806	0,802	0,97	1,56	0,645	0,608	0,604	0,705
1,17	0,85	0,8	0,797	0,96	1,57	0,64	0,604	0,6	0,7
1,18	0,84	0,793	0,79	0,95	1,58	0,635	0,6	0,596	0,698
1,19	0,835	0,787	0,785	0,94	1,59	0,63	0,596	0,592	0,688
1,2	0,83	0,78	0,777	0,935	1,6	0,628	0,592	0,589	0,681
1,21	0,82	0,774	0,77	0,926	1,61	0,625	0,589	0,586	0,677
1,22	0,815	0,768	0,764	0,917	1,62	0,622	0,586	0,581	0,673
1,23	0,81	0,762	0,758	0,908	1,63	0,62	0,581	0,578	0,669
1,24	0,8	0,756	0,751	0,899	1,64	0,615	0,578	0,575	0,665
1,25	0,795	0,75	0,745	0,89	1,65	0,61	0,575	0,572	0,661
1,26	0,79	0,744	0,739	0,882	1,66	0,605	0,572	0,569	0,657
1,27	0,785	0,738	0,734	0,874	1,67	0,6	0,569	0,566	0,653
1,28	0,78	0,732	0,729	0,86	1,68	0,598	0,566	0,563	0,649
1,29	0,775	0,726	0,724	0,856	1,69	0,595	0,563	0,56	0,645

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
1,7	0,593	0,56	0,558	0,64	2,1	0,478	0,451	0,453	0,502
1,71	0,59	0,558	0,556	0,636	2,11	0,475	0,455	0,451	0,500
1,72	0,585	0,556	0,552	0,632	2,12	0,473	0,449	0,449	0,498
1,73	0,58	0,552	0,548	0,628	2,13	0,471	0,453	0,447	0,496
1,74	0,575	0,548	0,542	0,624	2,14	0,469	0,447	0,445	0,494
1,75	0,57	0,542	0,538	0,62	2,15	0,466	0,445	0,443	0,492
1,76	0,569	0,538	0,533	0,616	2,16	0,462	0,443	0,441	0,490
1,77	0,564	0,533	0,529	0,612	2,17	0,46	0,441	0,439	0,488
1,78	0,562	0,529	0,525	0,608	2,18	0,458	0,439	0,437	0,486
1,79	0,56	0,525	0,522	0,604	2,19	0,457	0,437	0,435	0,483
1,8	0,558	0,522	0,52	0,6	2,2	0,455	0,435	0,433	0,481
1,81	0,556	0,52	0,518	0,596	2,21	0,453	0,433	0,431	0,479
1,82	0,553	0,518	0,516	0,592	2,22	0,451	0,431	0,429	0,477
1,83	0,55	0,516	0,515	0,588	2,23	0,449	0,429	0,427	0,475
1,84	0,548	0,515	0,513	0,584	2,24	0,447	0,427	0,425	0,473
1,85	0,545	0,513	0,511	0,581	2,25	0,445	0,425	0,423	0,471
1,86	0,54	0,511	0,508	0,577	2,26	0,443	0,423	0,421	0,469
1,87	0,538	0,508	0,505	0,573	2,27	0,441	0,421	0,42	0,467
1,88	0,535	0,505	0,503	0,569	2,28	0,439	0,42	0,418	0,465
1,89	0,532	0,503	0,5	0,565	2,29	0,437	0,418	0,416	0,462
1,9	0,53	0,5	0,498	0,562	2,3	0,435	0,416	0,415	0,459
1,91	0,529	0,498	0,496	0,559	2,31	0,434	0,415	0,414	0,458
1,92	0,528	0,496	0,494	0,555	2,32	0,432	0,414	0,412	0,456
1,93	0,527	0,494	0,492	0,552	2,33	0,43	0,412	0,411	0,454
1,94	0,525	0,492	0,49	0,548	2,34	0,428	0,411	0,41	0,452
1,95	0,522	0,49	0,488	0,545	2,35	0,426	0,41	0,408	0,450
1,96	0,52	0,488	0,486	0,542	2,36	0,424	0,408	0,406	0,448
1,97	0,518	0,486	0,484	0,538	2,37	0,422	0,406	0,404	0,446
1,98	0,515	0,484	0,482	0,534	2,38	0,42	0,404	0,402	0,444
1,99	0,51	0,482	0,48	0,531	2,39	0,418	0,402	0,4	0,442
2,0	0,505	0,48	0,478	0,528	2,4	0,416	0,4	0,399	0,440
2,01	0,502	0,478	0,476	0,525	2,41	0,414	0,399	0,398	0,438
2,02	0,5	0,476	0,473	0,523	2,42	0,412	0,398	0,397	0,437
2,03	0,498	0,473	0,47	0,52	2,43	0,411	0,397	0,396	0,435
2,04	0,494	0,47	0,468	0,518	2,44	0,41	0,396	0,394	0,434
2,05	0,49	0,468	0,465	0,515	2,45	0,408	0,394	0,393	0,432
2,06	0,488	0,465	0,463	0,512	2,46	0,406	0,393	0,392	0,431
2,07	0,484	0,463	0,46	0,509	2,47	0,405	0,392	0,391	0,429
2,08	0,481	0,46	0,458	0,506	2,48	0,404	0,391	0,39	0,427
2,09	0,479	0,458	0,455	0,504	2,49	0,402	0,39	0,388	0,425

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
2,5	0,4	0,388	0,387	0,424	2,8	0,366	0,348	0,347	0,378
2,51	0,398	0,387	0,385	0,423	2,81	0,363	0,347	0,346	0,376
2,52	0,397	0,385	0,384	0,421	2,82	0,361	0,346	0,345	0,375
2,53	0,396	0,384	0,382	0,419	2,83	0,359	0,345	0,343	0,374
2,54	0,395	0,382	0,38	0,417	2,84	0,357	0,343	0,341	0,371
2,55	0,394	0,38	0,379	0,415	2,85	0,355	0,341	0,339	0,372
2,56	0,393	0,379	0,377	0,413	2,86	0,352	0,339	0,337	0,369
2,57	0,391	0,377	0,375	0,41	2,87	0,35	0,337	0,335	0,367
2,58	0,389	0,375	0,374	0,409	2,88	0,347	0,335	0,334	0,366
2,59	0,387	0,374	0,372	0,407	2,89	0,344	0,334	0,332	0,364
2,6	0,385	0,372	0,371	0,405	2,9	0,342	0,332	0,331	0,362
2,61	0,384	0,371	0,37	0,403					
2,62	0,383	0,37	0,369	0,402					
2,63	0,382	0,369	0,368	0,400					
2,64	0,381	0,368	0,367	0,399					
2,65	0,379	0,367	0,366	0,397					
2,66	0,377	0,366	0,364	0,396					
2,67	0,375	0,364	0,363	0,394					
2,68	0,373	0,363	0,362	0,493					
2,69	0,372	0,362	0,36	0,491					
2,7	0,371	0,36	0,359	0,39	2,95	0,337	0,327	0,326	0,355
2,71	0,37	0,359	0,358	0,389	2,96	0,337	0,326	0,325	0,354
2,72	0,37	0,358	0,357	0,388	2,97	0,366	0,325	0,324	0,353
2,73	0,369	0,357	0,356	0,386	2,98	0,335	0,324	0,323	0,352
2,74	0,369	0,356	0,354	0,385	2,99	0,334	0,323	0,322	0,351
2,75	0,368	0,354	0,353	0,384	3,0	0,332	0,332	0,321	0,350
2,76	0,368	0,353	0,352	0,383					
2,77	0,366	0,353	0,351	0,381					
2,78	0,367	0,351	0,349	0,38					
2,79	0,366	0,35	0,348	0,379					

## b) hidroalternatori cu reglaj al tensiunii și înfășurări de amortizare

0,2	—	—	—	—	0,3	4,81	3,67	3,43	3,21
0,21	—	—	—	—	0,31	4,6	3,55	3,3	3,17
0,22	—	—	—	—	0,32	4,42	3,45	3,2	3,1
0,23	—	—	—	—	0,33	4,27	3,22	3,12	3,05
0,24	—	—	—	—	0,34	4,08	3,2	3,03	3,0
0,25	6,3	4,37	4,0	3,48	0,35	3,9	3,1	2,93	2,95
0,26	5,9	4,25	3,9	3,42	0,36	3,73	3,0	2,83	2,9
0,27	5,6	4,1	3,8	3,39	0,37	3,6	2,92	2,76	2,86
0,28	5,35	3,97	3,7	3,32	0,38	3,49	2,81	2,7	2,82
0,29	5,12	3,81	3,52	3,28	0,39	3,39	2,76	2,62	2,78

X calc	0	0,1	0,2	∞	X calc	0	0,1	0,2	∞
0,4	3,25	2,69	2,53	2,74	0,8	1,405	1,3	1,27	1,45
0,41	3,15	2,61	2,48	2,7	0,81	1,39	1,29	1,25	1,585
0,42	3,05	2,52	2,41	2,65	0,82	1,375	1,28	1,235	1,57
0,43	2,93	2,48	2,37	2,6	0,83	1,36	1,265	1,22	1,55
0,44	2,87	2,42	2,32	2,55	0,84	1,33	1,245	1,205	1,53
0,45	2,79	2,38	2,27	2,51	0,85	1,305	1,22	1,19	1,515
0,46	2,72	2,31	2,22	2,485	0,86	1,295	1,203	1,18	1,495
0,47	2,65	2,27	2,18	2,46	0,87	1,28	1,198	1,17	1,48
0,48	2,6	2,22	2,13	2,425	0,88	1,27	1,18	1,16	1,47
0,49	2,51	2,16	2,08	2,39	0,89	1,255	1,17	1,15	1,46
0,5	2,45	2,11	2,04	2,36	0,9	1,235	1,155	1,135	1,145
0,51	2,4	2,08	2,01	2,32	0,91	1,22	1,145	1,12	1,425
0,52	2,36	2,03	1,97	2,3	0,92	1,203	1,135	1,1	1,41
0,53	2,3	2,0	1,93	2,27	0,93	1,195	1,12	1,09	1,4
0,54	2,24	1,97	1,9	2,235	0,94	1,17	1,105	1,08	1,39
0,55	2,19	1,91	1,86	2,2	0,95	1,16	1,09	1,065	1,37
0,56	2,13	1,875	1,81	2,18	0,96	1,145	1,08	1,05	1,36
0,57	2,1	1,83	1,78	2,14	0,97	1,13	1,07	1,04	1,34
0,58	2,06	1,8	1,745	2,12	0,98	1,12	1,06	1,03	1,325
0,59	2,015	1,77	1,72	2,09	0,99	1,105	1,04	1,02	1,31
0,6	1,97	1,74	1,69	2,06	1,0	1,098	1,03	1,01	1,3
0,61	1,93	1,71	1,67	2,03	1,01	1,088	1,021	1,001	1,29
0,62	1,88	1,68	1,63	2,0	1,02	1,078	1,012	0,992	1,28
0,63	1,85	1,65	1,61	1,98	1,03	1,065	1,003	0,983	1,27
0,64	1,82	1,62	1,59	1,96	1,04	1,054	0,994	0,974	1,26
0,65	1,785	1,59	1,56	1,92	1,05	1,044	0,985	0,965	1,25
0,66	1,75	1,57	1,53	1,895	1,06	1,033	0,976	0,956	1,24
0,67	1,72	1,54	1,505	1,88	1,07	1,023	0,967	0,947	1,23
0,68	1,69	1,52	1,495	1,85	1,08	1,011	0,958	0,938	1,22
0,69	1,665	1,5	1,48	1,82	1,09	1,0	0,949	0,929	1,21
0,7	1,63	1,48	1,455	1,8	1,1	0,99	0,94	0,92	1,2
0,71	1,6	1,46	1,435	1,785	1,11	0,982	0,932	0,911	1,188
0,72	1,585	1,44	1,41	1,735	1,12	0,974	0,925	0,903	1,173
0,73	1,56	1,425	1,395	1,72	1,13	0,966	0,917	0,895	1,164
0,74	1,525	1,405	1,38	1,775	1,14	0,958	0,91	0,886	1,152
0,75	1,5	1,39	1,36	1,695	1,15	0,95	0,902	0,877	1,14
0,76	1,485	1,37	1,335	1,68	1,16	0,942	0,895	0,869	1,128
0,77	1,47	1,35	1,32	1,66	1,17	0,934	0,887	0,86	1,116
0,78	1,45	1,33	1,3	1,64	1,18	0,926	0,88	0,852	1,104
0,79	1,425	1,31	1,285	1,62	1,19	0,918	0,872	0,843	1,092

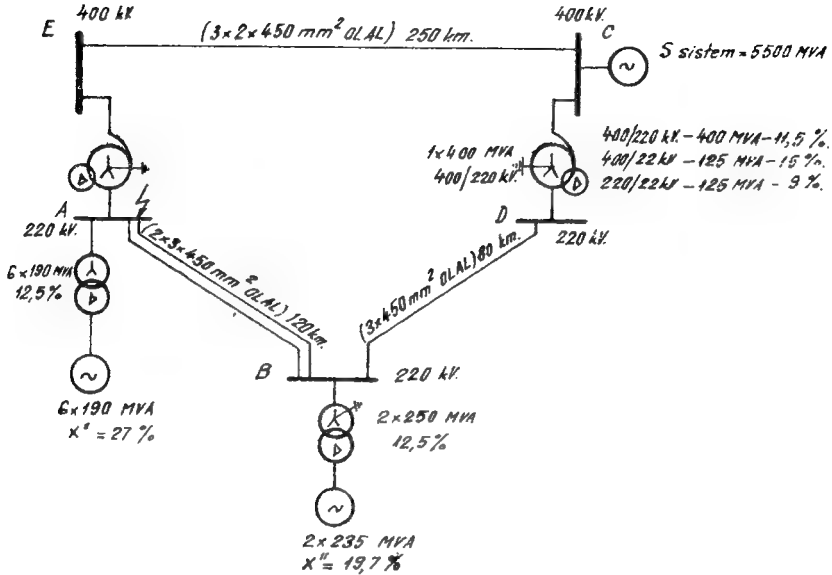
X calc	0	0,1	0,2	$\infty$	X calc	0	0,1	0,2	$\infty$
1,2	0,91	0,865	0,835	1,08	1,6	0,665	0,655	0,635	0,75
1,21	0,902	0,859	0,828	1,068	1,61	0,661	0,652	0,631	0,745
1,22	0,894	0,853	0,821	1,058	1,62	0,657	0,648	0,627	0,74
1,23	0,886	0,847	0,815	1,043	1,63	0,652	0,644	0,623	0,735
1,24	0,878	0,841	0,808	1,03	1,64	0,648	0,64	0,619	0,73
1,25	0,87	0,835	0,802	1,018	1,65	0,643	0,637	0,615	0,725
1,26	0,862	0,829	0,795	1,005	1,66	0,639	0,634	0,611	0,72
1,27	0,854	0,823	0,789	0,993	1,67	0,634	0,63	0,607	0,715
1,28	0,846	0,817	0,783	0,98	1,68	0,63	0,627	0,603	0,71
1,29	0,838	0,811	0,776	0,968	1,69	0,625	0,623	0,599	0,705
1,3	0,832	0,805	0,77	0,955	1,7	0,621	0,62	0,595	0,7
1,31	0,826	0,798	0,765	0,946	1,71	0,618	0,616	0,591	0,696
1,32	0,819	0,792	0,76	0,938	1,72	0,614	0,612	0,588	0,692
1,33	0,812	0,785	0,755	0,929	1,73	0,610	0,609	0,584	0,688
1,34	0,808	0,78	0,75	0,921	1,74	0,606	0,606	0,581	0,684
1,35	0,798	0,774	0,745	0,912	1,75	0,602	0,602	0,577	0,68
1,36	0,791	0,768	0,74	0,904	1,76	0,598	0,599	0,574	0,676
1,37	0,784	0,762	0,735	0,895	1,77	0,594	0,595	0,57	0,672
1,38	0,777	0,756	0,73	0,887	1,78	0,59	0,592	0,567	0,668
1,39	0,77	0,751	0,725	0,878	1,79	0,586	0,588	0,563	0,664
1,4	0,763	0,745	0,72	0,87	1,8	0,582	0,585	0,56	0,66
1,41	0,758	0,74	0,715	0,863	1,81	0,579	0,582	0,557	0,654
1,42	0,752	0,735	0,711	0,857	1,82	0,576	0,579	0,554	0,649
1,43	0,746	0,73	0,706	0,85	1,83	0,573	0,576	0,551	0,643
1,44	0,741	0,725	0,702	0,844	1,84	0,57	0,572	0,548	0,638
1,45	0,736	0,72	0,697	0,837	1,85	0,567	0,569	0,545	0,632
1,46	0,731	0,716	0,693	0,831	1,86	0,564	0,566	0,542	0,627
1,47	0,726	0,712	0,688	0,824	1,87	0,562	0,563	0,539	0,621
1,48	0,721	0,708	0,684	0,818	1,88	0,56	0,56	0,536	0,616
1,49	0,715	0,705	0,679	0,811	1,89	0,557	0,557	0,533	0,611
1,5	0,71	0,704	0,675	0,805	1,9	0,555	0,555	0,53	0,605
1,51	0,705	0,7	0,671	0,803	1,91	0,553	0,553	0,528	0,603
1,52	0,699	0,695	0,667	0,795	1,92	0,55	0,55	0,525	0,601
1,53	0,694	0,69	0,663	0,789	1,93	0,547	0,547	0,522	0,599
1,54	0,692	0,685	0,659	0,78	1,94	0,543	0,543	0,52	0,597
1,55	0,687	0,68	0,655	0,778	1,95	0,54	0,54	0,517	0,595
1,56	0,683	0,685	0,651	0,772	1,96	0,537	0,537	0,515	0,593
1,57	0,678	0,67	0,647	0,767	1,97	0,534	0,534	0,512	0,591
1,58	0,674	0,665	0,643	0,761	1,98	0,531	0,531	0,51	0,589
1,59	0,669	0,66	0,639	0,756	1,99	0,528	0,528	0,507	0,587

X calc	0	0,1	0,2	$\infty$	X calc	0	0,1	0,2	$\infty$
2,0	0,525	0,525	0,505	0,585	2,4	0,434	0,44	0,42	0,47
2,01	0,522	0,523	0,503	0,581	2,41	0,432	0,439	0,418	0,468
2,02	0,519	0,521	0,501	0,577	2,42	0,429	0,438	0,417	0,466
2,03	0,517	0,519	0,498	0,574	2,43	0,428	0,436	0,415	0,464
2,04	0,514	0,517	0,495	0,573	2,44	0,426	0,434	0,414	0,462
2,05	0,511	0,515	0,492	0,57	2,45	0,425	0,433	0,413	0,46
2,06	0,509	0,513	0,489	0,567	2,46	0,423	0,431	0,411	0,458
2,07	0,506	0,511	0,486	0,564	2,47	0,422	0,429	0,41	0,456
2,08	0,503	0,509	0,483	0,561	2,48	0,421	0,428	0,408	0,454
2,09	0,5	0,507	0,48	0,558	2,49	0,42	0,426	0,406	0,452
2,1	0,496	0,505	0,478	0,555	2,5	0,418	0,425	0,405	0,45
2,11	0,495	0,501	0,476	0,552	2,51	0,416	0,423	0,403	0,448
2,12	0,493	0,497	0,474	0,549	2,52	0,414	0,421	0,401	0,446
2,13	0,491	0,494	0,472	0,546	2,53	0,412	0,419	0,399	0,444
2,14	0,488	0,492	0,47	0,543	2,54	0,411	0,417	0,397	0,442
2,15	0,486	0,49	0,468	0,54	2,55	0,41	0,416	0,395	0,44
2,16	0,484	0,488	0,466	0,537	2,56	0,408	0,414	0,394	0,438
2,17	0,482	0,486	0,464	0,534	2,57	0,406	0,412	0,392	0,436
2,18	0,479	0,484	0,462	0,531	2,58	0,404	0,41	0,39	0,434
2,19	0,477	0,482	0,46	0,528	2,59	0,402	0,409	0,389	0,432
2,2	0,475	0,48	0,458	0,525	2,6	0,4	0,404	0,387	0,43
2,21	0,472	0,478	0,456	0,523	2,61	0,398	0,407	0,385	0,428
2,22	0,47	0,476	0,454	0,52	2,62	0,396	0,402	0,384	0,426
2,23	0,468	0,474	0,452	0,517	2,63	0,394	0,4	0,383	0,424
2,24	0,466	0,472	0,45	0,513	2,64	0,392	0,399	0,381	0,422
2,25	0,464	0,47	0,448	0,51	2,65	0,39	0,397	0,38	0,421
2,26	0,462	0,468	0,446	0,507	2,66	0,388	0,396	0,378	0,419
2,27	0,459	0,466	0,444	0,504	2,67	0,386	0,394	0,377	0,417
2,28	0,457	0,464	0,442	0,501	2,68	0,385	0,393	0,375	0,416
2,29	0,455	0,462	0,44	0,498	2,69	0,384	0,391	0,374	0,414
2,3	0,453	0,46	0,438	0,495	2,7	0,383	0,39	0,372	0,413
2,31	0,451	0,458	0,436	0,492	2,71	0,381	0,389	0,37	0,411
2,32	0,449	0,456	0,434	0,489	2,72	0,38	0,388	0,368	0,409
2,33	0,447	0,454	0,432	0,487	2,73	0,378	0,387	0,367	0,407
2,34	0,445	0,452	0,43	0,484	2,74	0,377	0,385	0,366	0,405
2,35	0,443	0,45	0,429	0,482	2,75	0,375	0,383	0,365	0,403
2,36	0,441	0,448	0,427	0,479	2,76	0,374	0,381	0,364	0,401
2,37	0,439	0,446	0,425	0,477	2,77	0,372	0,38	0,362	0,4
2,38	0,437	0,444	0,423	0,475	2,78	0,371	0,379	0,361	0,399
2,39	0,435	0,442	0,421	0,472	2,79	0,37	0,378	0,36	0,397

X calc	0	0,1	0,2	$\infty$	X calc	0	0,1	0,2	$\infty$
2,8	0,368	0,377	0,359	0,396	2,9	0,352	0,363	0,345	0,38
2,81	0,366	0,376	0,356	0,394	2,91	0,351	0,362	0,344	0,378
2,82	0,365	0,375	0,354	0,392	2,92	0,35	0,36	0,343	0,377
2,83	0,364	0,374	0,353	0,39	2,93	0,349	0,358	0,342	0,376
2,84	0,362	0,372	0,352	0,389	2,94	0,348	0,357	0,341	0,375
2,85	0,361	0,371	0,35	0,387	2,95	0,347	0,356	0,34	0,374
2,86	0,359	0,369	0,349	0,386	2,96	0,346	0,355	0,339	0,373
2,87	0,357	0,368	0,348	0,384	2,97	0,345	0,354	0,338	0,372
2,88	0,355	0,366	0,347	0,383	2,98	0,344	0,353	0,357	0,37
2,89	0,353	0,365	0,346	0,381	2,99	0,343	0,351	0,336	0,369
					3,0	0,342	0,35	0,335	0,368



## Exemplu de calcul nr. 1



Calculul reactanțelor în unități relative  $S_b = 1000 \text{ MVA}$ ;  $U_b = U_N$

Reactanța echivalentă a unui autotransformator

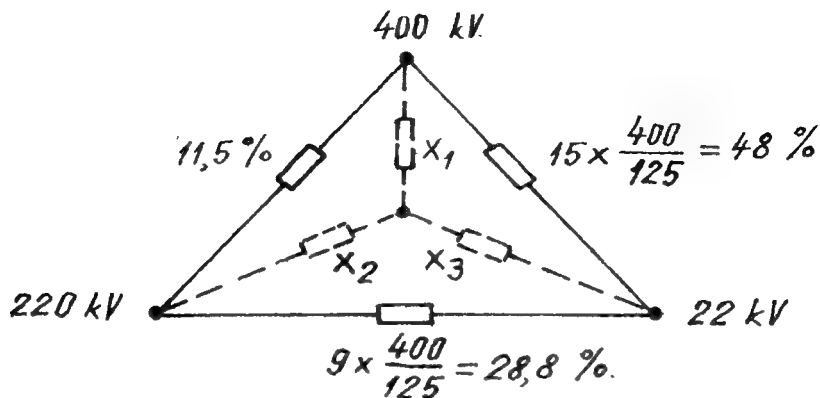
$$x_1 = \frac{X_{400-22} + X_{400-220} - X_{220-22}}{2} = \frac{48 + 11,5 - 28,8}{2} = 15,35\%$$

$$x_2 = \frac{X_{400-220} + X_{220-22} - X_{400-22}}{2} = \frac{11,5 + 28,8 - 48}{2} = -3,8\%$$

$$x_3 = \frac{X_{220-22} + X_{400-220} - X_{400-22}}{2} = \frac{28,8 + 48 - 11,5}{2} = 32,7\%$$

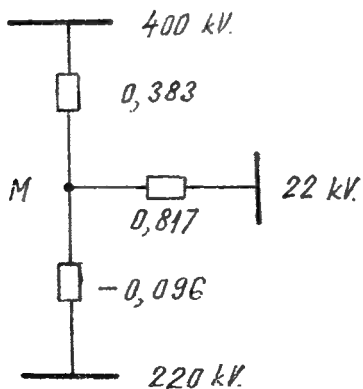
În unități relative:

$$x_1 = \frac{U_{sc} \% \cdot S_b}{100 \cdot S_N} = \frac{15,35 \cdot 1000}{100 \cdot 400} = 0,383$$

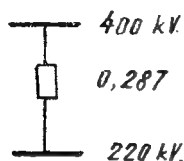
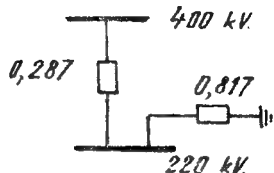


$$x_2 = \frac{-3,8 \cdot 1000}{100 \cdot 400} = -0,096$$

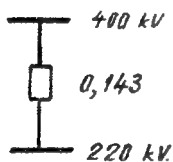
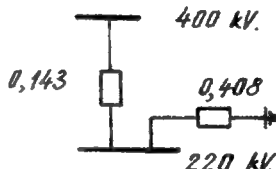
$$x_3 = \frac{32,7 \cdot 1000}{100 \cdot 400} = 0,817$$



Pentru simplificarea schemei și eliminarea punctului M, schema echivalentă cu reactanțe în unități relative va fi :

*Schema directă :**Schema homopolară :*

Pentru doi autotransformatori funcționând în paralel, schema echivalentă cu reactanțe în unități relative este :

*Schema directă :**Schema homopolară :*

**Calculul reactanțelor în unități relative a generatoarelor  
și transformatoarelor**

— generatorul de 190 MVA:

$$x_d = x_i = \frac{x''_0}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{27}{100} \cdot \frac{1\,000}{6 \times 190} = 0,237$$

— transformatorul de 190 MVA:

$$x_d = x_i = \frac{U_{sc0}}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{12,5}{100} \cdot \frac{1\,000}{6 \times 190} = 0,110$$

— generatoarele de 235 MVA :

$$x_d = x_i = \frac{19,7}{100} \cdot \frac{1\,000}{2 \times 235} = 0,419$$

— transformatoarele de 250 MVA :

$$x_d = x_i = x_h = \frac{12,5}{100} \cdot \frac{1\,000}{2 \times 250} = 0,266$$

— sistemul:

$$x_d = \frac{c \cdot S_b}{S_{sc}} = \frac{1,1 \cdot 1\,000}{5\,500} = 0,2$$

Se consideră:

$$\frac{x_h}{x_d} = 0,9 \quad x_h = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18$$

**Calculul reactanțelor în unități relative ale liniilor de 400 kV și 220 kV**

— LEA 400 kV s.c. 250 km:

$$x_d = x_1 = x_0 \cdot l \frac{S_b}{U_N^2} = 0,332 \cdot 250 \cdot \frac{1\,000}{400^2} = 0,518$$

$$x_h = 3 \cdot x_d = 3 \cdot 0,518 = 1,554$$

— LEA 220 kV s.c. 80 km:

$$x_d = x_1 = 0,412 \cdot 80 \cdot \frac{1\,000}{220^2} = 0,74$$

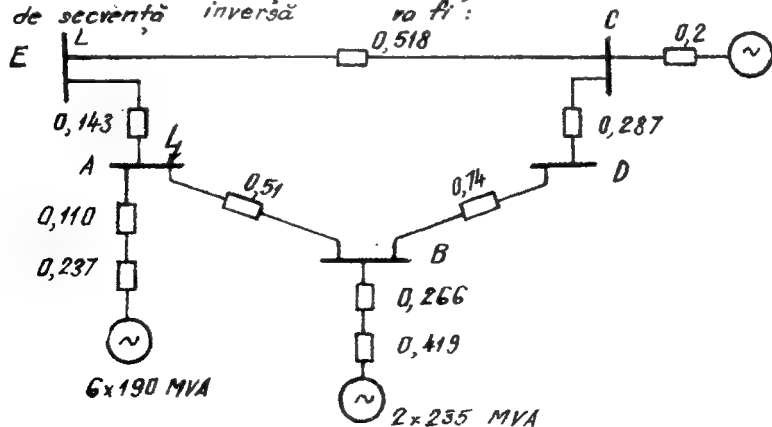
$$x_h = 3 \cdot x_d = 3 \cdot 0,74 = 2,22$$

— LEA 220 kV s.c. 80 km :

$$x_d = x_1 = x_0 \cdot \frac{1}{2} l = \frac{1}{2} \cdot 0,412 \cdot 120 \cdot \frac{1\,000}{220^2} = 0,51$$

$$x_h = 4,7 \cdot x_d = 4,7 \cdot 0,51 = 2,397$$

*Schema de reactanțe de secvență directă identică cu cea de secvență inversă*



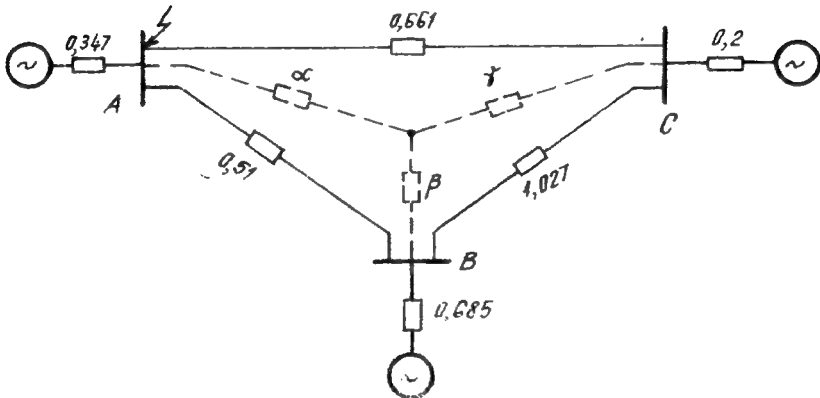
Schema se poate restringe astfel:

$$X_A = X_G + X_T = 0,237 + 0,110 = 0,347$$

$$X_B = X_G + X_T = 0,419 + 0,266 = 0,685$$

$$X_{AC} = X_{AE} + X_{EC} = 0,143 + 0,518 = 0,661$$

$$X_{BC} = X_{BD} + X_{DC} = 0,74 + 0,287 = 1,027$$

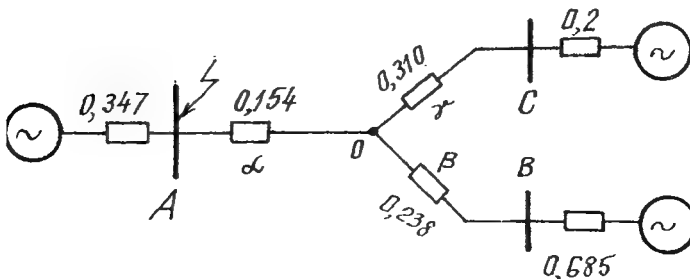


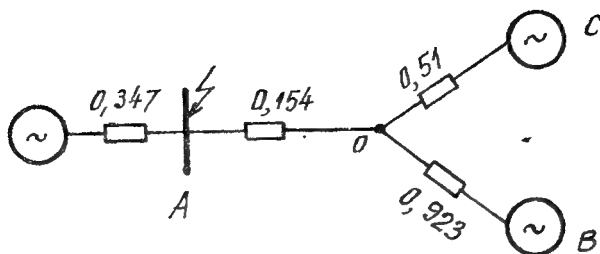
Transfigurarea triunghiului în stea:

$$X_\alpha = \frac{X_{AC} \cdot X_{AB}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}} = \frac{0,661 \cdot 0,51}{2,198} = 0,154$$

$$X_\beta = \frac{X_{BC} \cdot X_{AB}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}} = \frac{1,027 \cdot 0,51}{2,198} = 0,238$$

$$X_\gamma = \frac{X_{BC} \cdot X_{AC}}{X_{AB} + X_{AC} + X_{BC}} = \frac{1,027 \cdot 0,661}{2,198} = 0,310$$



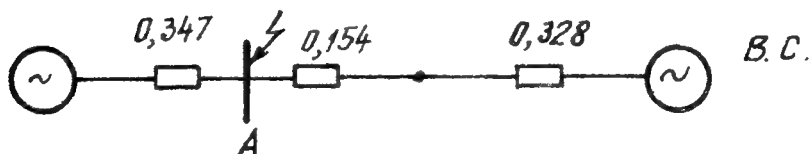


$$x_{C_0} = x_C + x_Y = 0,2 + 0,310 = 0,510$$

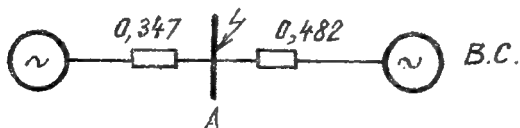
$$x_{B_0} = x_B + x_\beta = 0,685 + 0,238 = 0,923$$

a) În ipoteza în care nu se urmărește aportul pe ramuri:

$$x_{BC_0} = \frac{x_{C_0} \cdot x_{B_0}}{x_{C_0} + x_{B_0}} = \frac{0,51 \cdot 0,923}{1,433} = 0,328$$



$$x_{BCA} = x_{BC_0} + x_{OA} = 0,328 + 0,154 = 0,482$$



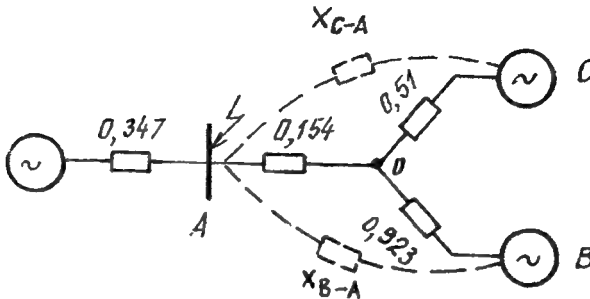
Reactanța totală echivalentă în punctul A va fi :

$$x_T = \frac{x_{BCA} \cdot x_A}{x_{BCA} + x_A} = \frac{0,482 \cdot 0,347}{0,829} = 0,202$$

Puterea de scurtcircuit trifazat în punctul A va fi:

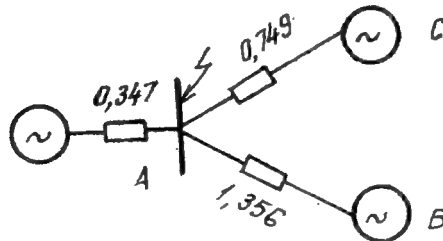
$$S = \frac{c \cdot S_b}{x_t} = \frac{1,1 \cdot 1\,000}{0,202} = 5\,445 \text{ MVA}$$

b) În ipoteza în care este necesar să se cunoască aportul fiecărei surse :



$$X_{C-A} = 0,154 + 0,51 + \frac{0,154 \cdot 0,51}{0,923} = 0,749$$

$$X_{B-A} = 0,154 + 0,923 + \frac{0,154 \cdot 0,923}{0,51} = 1,356$$



Aportul la scurtcircuit a celor trei generatoare:

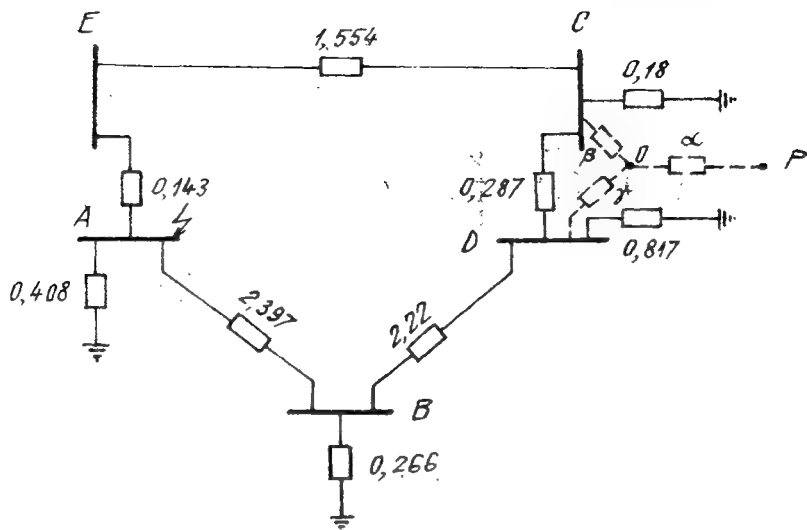
$$S_A = \frac{c \cdot S_b}{x_A} = \frac{1,1 \cdot 1\,000}{0,347} = 3\,170 \text{ MVA}$$

$$S_B = \frac{c \cdot S_b}{x_B} = \frac{1,1 \cdot 1\,000}{1,356} = 810 \text{ MVA}$$

$$S_C = \frac{c \cdot S_b}{x_C} = \frac{1,1 \cdot 1\,000}{0,749} = 1\,465 \text{ MVA}$$

Se verifică  $3\,170 + 810 + 1\,465 = 5\,445 \text{ MVA}$ .

## CALCULUL CURENTULUI DE SCURT-CIRCUIT MONOFAZAT

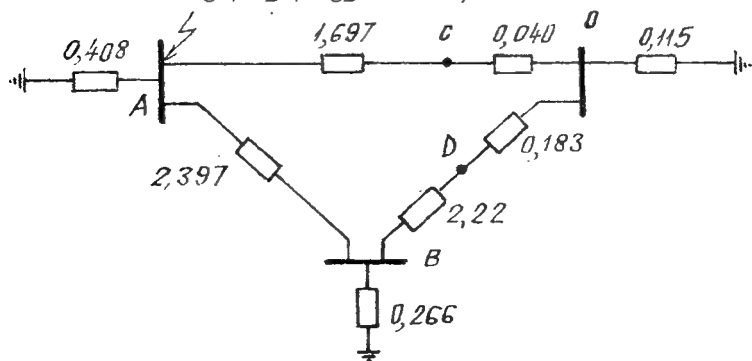


Transfigurarea triunghiului CDP :

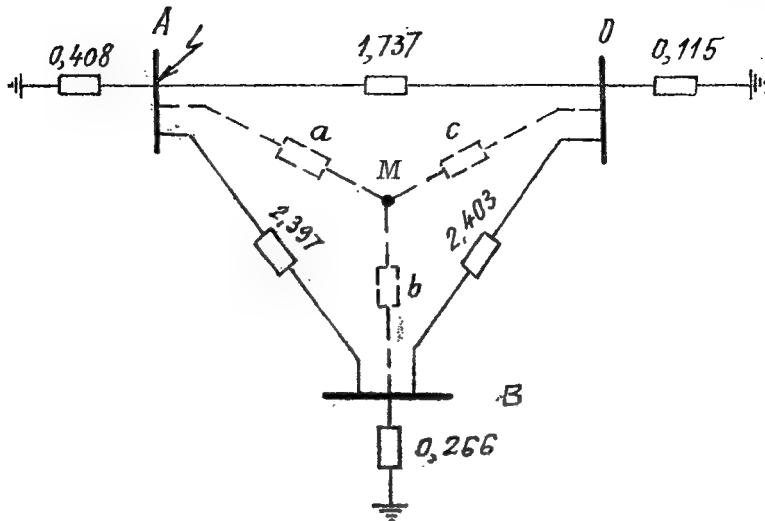
$$x_{\alpha} = \frac{x_C \cdot x_D}{x_C + x_D + x_{CD}} = \frac{0,18 \cdot 0,817}{1,284} = 0,115$$

$$x_{\beta} = \frac{x_C \cdot x_{CD}}{x_C + x_D + x_{CD}} = \frac{0,18 \cdot 0,287}{1,284} = 0,040$$

$$x_{\gamma} = \frac{x_{CD} \cdot x_D}{x_C + x_D + x_{CD}} = \frac{0,287 \cdot 0,817}{1,284} = 0,183$$







$$X_{AC} = X_{AE} + X_{EC} = 0,143 + 1,554 = 1,697$$

$$X_{AO} = X_{AC} + X_{CO} = 1,697 + 0,040 = 1,737$$

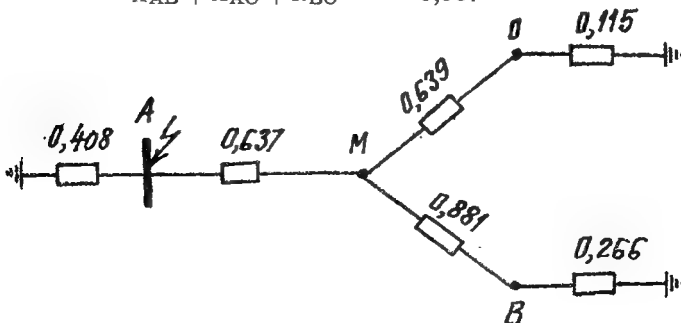
$$X_{BO} = X_{BD} + X_{DO} = 2,22 + 0,183 = 2,403$$

Transfigurarea triunghiului AOB:

$$X_a = \frac{X_{AB} \cdot X_{AO}}{X_{AB} + X_{AO} + X_{BO}} = \frac{2,397 \cdot 1,737}{6,537} = 0,637$$

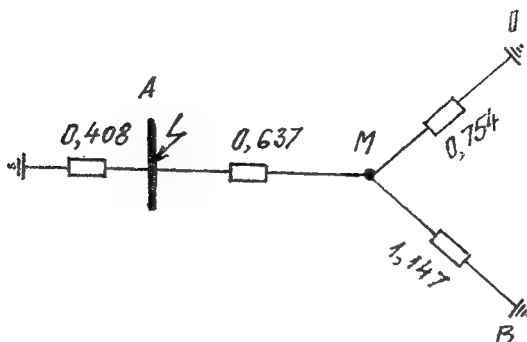
$$X_b = \frac{X_{AB} \cdot X_{BO}}{X_{AB} + X_{AO} + X_{BO}} = \frac{2,397 \cdot 2,403}{6,537} = 0,881$$

$$X_c = \frac{X_{AO} \cdot X_{BO}}{X_{AB} + X_{AO} + X_{BO}} = \frac{1,737 \cdot 2,403}{6,537} = 0,639$$

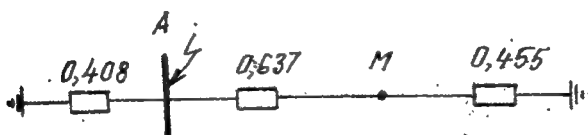


$$x_{OM} = x_0 + x_{MO} = 0,115 + 0,639 = 0,754$$

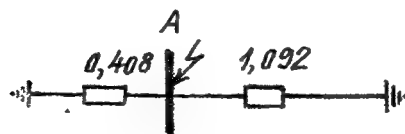
$$x_{BM} = x_B + x_{MB} = 0,266 + 0,881 = 1,147$$



$$x_M = \frac{x_{OM} \cdot x_{BM}}{x_{OM} + x_{BM}} = \frac{0,754 \cdot 1,147}{1,901} = 0,455$$



$$x_{MA} = x_M + x_{AM} = 0,455 + 0,637 = 1,092$$

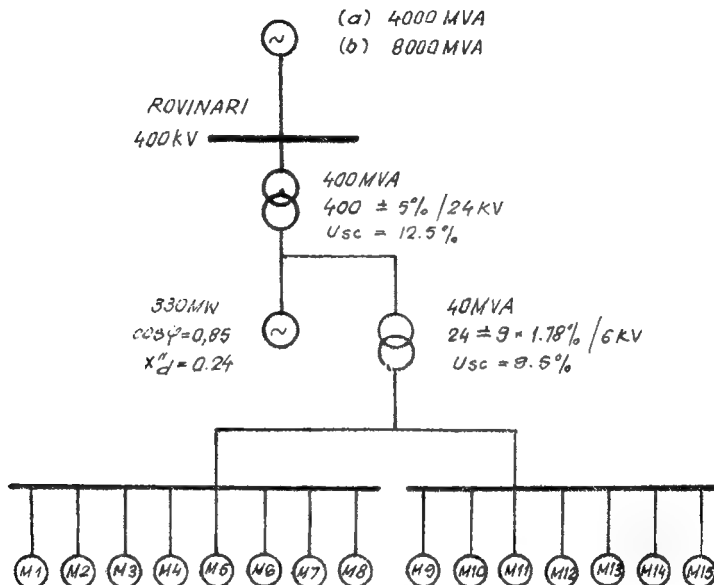


$$x_T = \frac{x_{MA} \cdot x_A}{x_{MA} + x_A} = \frac{0,408 \cdot 1,092}{1,500} = 0,297$$

$$3 I_0 = \frac{3}{x_d + x_i + x_h} \cdot \frac{c \cdot S_b}{\sqrt{3} \cdot U_n} =$$

$$= \frac{3}{2 \cdot 0,202 + 0,297} \cdot \frac{1,1 \cdot 1\,000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 12,37 \text{ kA}$$

## Exemplul de calcul nr. 2



$I_p / I_n$	5.2	5.15	5.5	5.4	5.4	5.4	5.0	5.15	5.15	5.0	5.4	5.4	5.2	5.8	5.5
$P_n$	0.3	0.7	7.2	5.15	5.15	5.15	3.2	3.1	3.1	3.2	1.75	1.15	1.15	0.62	7.2
$\cos \varphi$	0.8	0.88	0.92	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.82	0.87	0.92

Calculul reactanțelor în unități relative :

$$S_b = 1000 \text{ MVA}, U_b = U_N$$

— Generator de 330 MW (338 MVA)

$$x_d = \frac{24}{100} \cdot \frac{1000}{388} = 0,618$$

— Transformatorul de bloc de 400 MVA

$$x_d = \frac{12,5}{100} \cdot \frac{1000}{400} = 0,312$$

— Transformatorul de servicii interne de 40 MVA

$$x_d = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{1\,000}{40} = 2,375$$

— Generatorul echivalent pentru sistem

$$(a) \quad x_d = \frac{1\,000}{4\,000} = 0,25$$

$$(b) \quad x_d = \frac{1\,000}{8\,000} = 0,125$$

— Motoare asincrone

$$M_1 ; X_d = \frac{1}{5,2} \cdot \frac{1\,000}{\frac{0,3}{0,8}} = 512,6$$

$$M_2 ; X_d = \frac{1}{5,15} \cdot \frac{1\,000}{\frac{0,7}{0,86}} = 244,0$$

$$M_3 \text{ și } M_{15} ; X_d = \frac{1}{5,5} \cdot \frac{1\,000}{\frac{7,2}{0,92}} = 23,2$$

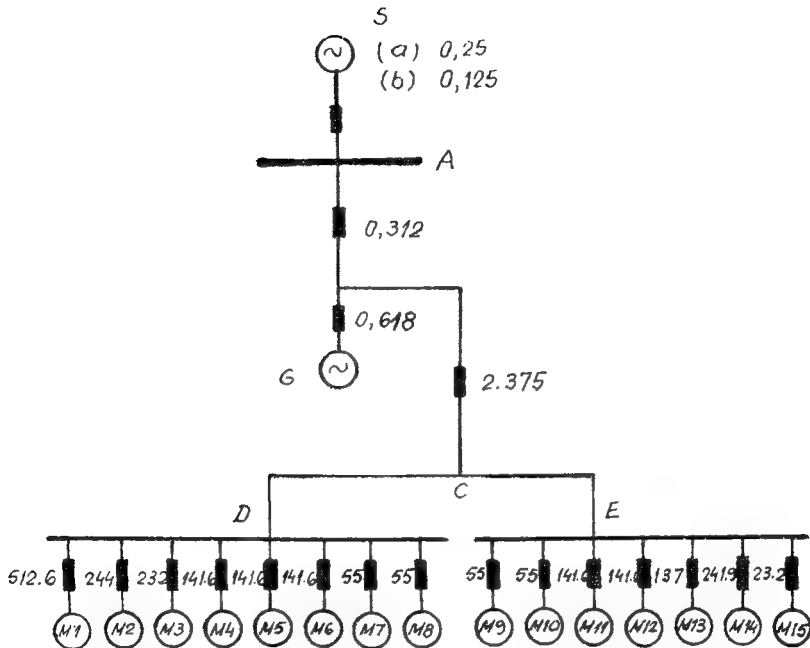
$$M_4, M_5, M_6, M_{11}, M_{12} ; X_d = \frac{1}{5,4} \cdot \frac{1\,000}{\frac{5,16}{0,88}} = 141,6$$

$$M_7 \text{ și } M_{10} ; X_d = \frac{1}{5} \cdot \frac{1\,000}{\frac{3,2}{0,88}} = 55$$

$$M_8 \text{ și } M_9 ; X_d = \frac{1}{5,15} \cdot \frac{1\,000}{\frac{3,1}{0,88}} = 55$$

$$M_{13} ; X_d = \frac{1}{5,2} \cdot \frac{1\,000}{0,82} = 137$$

$$M_{14} ; X_d = \frac{1}{5,8} \cdot \frac{1\,000}{\frac{0,62}{0,87}} = 241,9$$



$$X_{M_1-M_2} = \frac{512,6 \times 244}{756,6} = 165,3$$

$$X_{M_1-M_2-M_3} = \frac{165,3 \times 23,2}{188,5} = 20,3$$

$$X_{M_1-M_3-M_6} = \frac{141,6}{3} = 47,2$$

$$X_{M_1-M_8} = \frac{55}{2} = 27,5$$

$$X_{M_4-M_5-M_6-M_7-M_8} = \frac{47,2 \times 27,5}{74,7} = 17,3$$

$$X_D = \frac{17,3 \times 20,3}{37,6} = 9,3$$

$$X_{M_9-M_{10}} = 27,5 \text{ (la fel cu } X_{M_7-M_8})$$

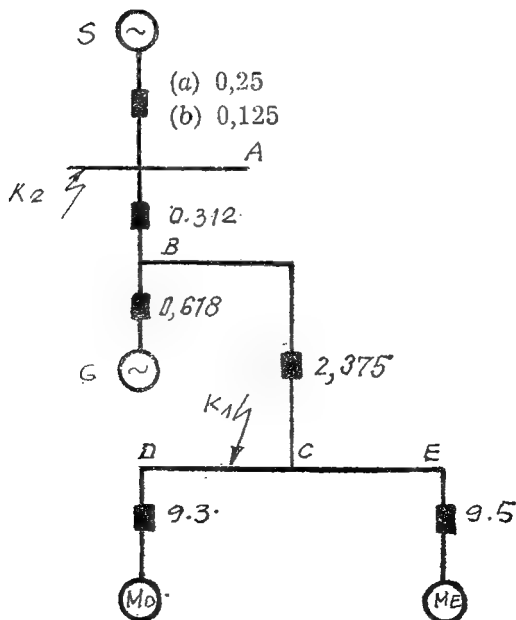
$$X_{M_{11}-M_{12}} = \frac{141,6}{2} = 70,8$$

$$X_{M_{14}-M_{15}} = \frac{23,2 \times 241,9}{265,1} = 21,1$$

$$X_{M_{14}-M_{13}-M_{13}} = \frac{21,1 \times 137}{158,1} = 18,2$$

$$X_{M_9-M_{10}-M_{11}-M_{12}} = \frac{27,5 \times 70,8}{98,3} = 19,8$$

$$X_E = \frac{19,8 \times 18,2}{38} = 9,4$$



I. Scurtcircuit în  $k_1$ 

a) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 4 000 MVA

$$X_{BS} = X_{AB} + X_S = 0,312 + 0,25 = 0,562$$

$$X_B = \frac{X_{BG} \times X_{BS}}{X_{BG} + X_{BS}} = \frac{0,618 \times 0,562}{1,18} = 0,294$$

$$X_C = X_B + X_{BC} = 0,294 + 2,375 = 2,669$$

$$X_{CE} = \frac{X_C \times X_E}{X_C + X_E} = \frac{2,669 \times 95}{12,169} = 2,08$$

$$X_T = \frac{X_{CE} \times X_D}{X_{CE} + X_D} = \frac{2,08 \times 9,3}{11,38} = 1,7$$

$$S_{k_1} = \frac{1\,000}{1,7} = 588,235 \text{ MVA}$$

Din această putere de scurtcircuit aportul motoarelor este :

$$\text{— secția I} \quad S_k^D = S_{k_1} \cdot \frac{2,08}{11,38} = 107,5 \text{ MVA}$$

$$\text{— secția a II-a} \quad S_k^E = S_{k_1} \cdot \frac{9,3}{11,38} = \frac{2,669}{12,169} = 105,4 \text{ MVA}$$

b) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 8 000 MVA

$$X_{BS} = 0,312 + 0,125 = 0,437$$

$$X_B = \frac{0,618 \times 0,437}{1,055} = 0,255$$

$$X_C = 0,255 + 2,375 = 2,63$$

$$X_{CE} = \frac{2,63 \times 9,5}{2,65 + 9,5} = 2,06$$

$$X_T = \frac{2,06 \times 9,3}{11,36} = 1,69$$

$$S_{k_1} = \frac{1\,000}{1,69} = 591,7 \text{ MVA}$$

Din această putere de scurtcircuit aportul motoarelor este :

$$\text{secția I} \quad S_k^D = S_{k1} = \frac{2,06}{11,36} = 107,3 \text{ MVA}$$

$$\text{secția a II-a} \quad S_k^E = S_{k1} = \frac{9,3}{11,36} = \frac{2,63}{12,13} = 105,03 \text{ MVA}$$

II. Scurtcircuit în  $k_2$

$$X_C = \frac{X_D \times X_E}{X_D + X_E} = \frac{9,3 \times 9,5}{18,8} = 4,7$$

$$X_B = X_C + X_{BC} = 4,7 + 2,375 = 7,075$$

$$X_{B-BG} = \frac{X_B \times X_{BG}}{X_B + X_{BG}} = \frac{7,075 \times 0,618}{7,693} = 0,568$$

$$X_{A \cdot B \cdot BG} = X_{AB} + X_{B-BG} = 0,312 + 0,568 = 0,88$$

a) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 4 000 MVA

$$X_T = \frac{X_{A \cdot B \cdot BG} \times X_S}{X_{A \cdot B \cdot BG} + X_S} = \frac{0,88 \times 0,25}{1,13} = 0,194$$

$$S_{k2} = \frac{1\,000}{0,194} = 5154,64 \text{ MVA}$$

Aportul generatorului de 388 MVA

$$S_{KG} = S_{k2} = \frac{0,25}{1,13} \frac{7,075}{7,693} = 1048,8 \text{ MVA}$$

Aportul motoarelor

$$S_{kM} = S_{k2} = \frac{0,25}{1,13} \frac{0,618}{7,693} = 91,6 \text{ MVA}$$

din care :

$$\text{— secția I} \quad S_k^D = S_{kM} \frac{9,3}{18,8} = 45,3 \text{ MVA}$$

$$\text{— secția a II-a} \quad S_k^E = S_{kM} = \frac{18,8}{9,5} = 46,3 \text{ MVA}$$



b) Puterea de scurtcircuit a sistemului echivalent 8 000 MVA

$$X_T = \frac{0,88 \times 0,125}{1,005} = 0,109$$

$$S_{k_2} = \frac{1\,000}{0,109} = 9\,174,3 \text{ MVA}$$

Aportul generatorului de 388 MVA este :

$$S_{KG} = S_{k_2} = \frac{0,125}{1,005} \frac{7,075}{7,693} = 1\,049,4 \text{ MVA}$$

Aportul motoarelor

$$S_{kM} = S_{k_2} \frac{0,125}{1,005} \frac{0,618}{7,693} = 91,7 \text{ MVA}$$

din care :

$$\text{— secția I} \quad S_k^D = S_{kM} \frac{9,3}{18,8} = 45,4 \text{ MVA}$$

$$\text{— secția a II-a} \quad S_k^E = S_{kM} \frac{9,5}{18,8} = 46,3 \text{ MVA}$$

Tiraj : 3 500 exemplare

---

Lucrare executată sub comanda nr. 814 la Oficiul Economic  
Central „Carpați”, Întreprinderea poligrafică „Bucureștii-Noi”,  
str. Hrisovului nr. 18 A, sectorul 1, București

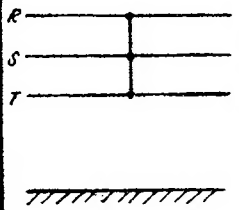



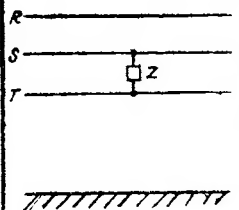
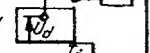


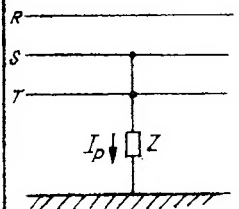
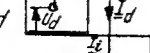
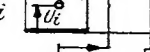

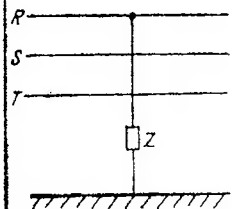





Scheme homopolare pentru linii

Nr. crt.	Tipul liniei	Schema echivalentă homopolară	Relații de calcul ale elementelor schemei echivalente	Valori aproximative
1	2	3	4	5
1			$a = X_h$	Linii fără conductor de protecție $X_h = 3,5 X_d$ Linii cu conductor de protecție OL $X_h = 3 X_d$ Linii cu conductor de protecție OLAL $X_h = 2 X_d$
2			$a = X_h$	Linii cu două conductoare de protecție $X_h = 5,5 X_d$ Linii cu conductor de protecție OL $X_h = 4,7 X_d$ Linii cu conductor de protecție OLAL $X_h = 3 X_d$
3			$a = k X_{mh}$ $b = (1-k) X_{mh}$ $c = X_h - X_{mh}$ $d = k(X_h - X_{mh})$ $e = (1-k)(X_h - X_{mh})$	Pentru linii cu conductor de protecție din oțel: $X_{mh} = 1,7 X_d$ $X_h - X_{mh} = 1,3 X_d$
4			$a = X_{mh}$ $b = c = X_h - X_{mh}$	Idem
5			$a = k X_{mh}$ $b = X_h - X_{mh}$ $c = k(X_h - X_{mh})$ $d = (1-k)(X_h - X_{mh})$ $e = (1-k) X_{mh}$	Idem
6			$a = X_{mh} I$ $b = c = (X_h - X_{mh}) I$ $d = X_{mh} II$ $e = f = (X_h - X_{mh}) II$ $g = X_{mh} III$ $h = i = (X_h - X_{mh}) III$	Idem

1	2	3	4	5
7			$a = X_{mh} I$ $b = c = (X_h - X_{mh}) I$ $d = X_{mh} II$ $e = f = (X_h - X_{mh}) II$ $g = X_h III$	Idem
8			$a = X_{mh} I$ $b = c = (X_h - X_{mh}) I$ $d = X_{mh} II$ $e = f = (X_h - X_{mh}) II$ $g = X_{mh} III$ $h = i = (X_h - X_{mh}) III$	Idem
9			$a = X_{mh} I$ $b = c = (X_h - X_{mh}) I$ $d = X_{mh} II$ $e = f = (X_h - X_{mh}) II$ $g = X_{mh} III$ $h = i = (X_h - X_{mh}) III$ $j = X_h IV$ $gk = X_h V$	Idem
10			$a = \frac{X_h^2 - X_{mh}^2}{X_h}$ $b = -c = \frac{X_h^2 - X_{mh}^2}{X_{mh}}$	Pentru linii cu cord de prot. din otel $X_h = 3X_d$ $X_{mh} = 1,7X_d$

Scheme echivalente și relații de calcul pentru scurtcircuite nesimetrice

DEFECTUL	SCHEME ECHIVALENTE	RELAȚII ÎNTRE MĂRIMI LA LOCUL DE DEFECT		RELAȚII DE CALCUL ALE MĂRIMILOR LA LOCUL DE DEFECT	
		MĂRIMI PE FAZĂ	COMPONENTE SIMETRICE	MĂRIMI PE FAZĂ ( $E = \frac{cU_N}{\sqrt{3}}$ )	COMPONENTE SIMETRICE ( $E = \frac{cU_N}{\sqrt{3}}$ )
	d  i  h 	$\underline{U}_R = \underline{U}_S = \underline{U}_T$	$\underline{U}_i = \underline{U}_h = 0$	$\underline{U}_R = \underline{U}_S = \underline{U}_T = 0$	$\underline{U}_d = \underline{U}_i = \underline{U}_h = 0$
		$\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T = 0$	$\underline{I}_i = \underline{I}_h = 0$	$\underline{I}_R = \frac{E}{Z_d} ; \underline{I}_S = \sigma^2 \underline{I}_R ; \underline{I}_T = \sigma \underline{I}_R$	$\underline{I}_d = \frac{E}{Z_d} ; \underline{I}_i = 0 ; \underline{I}_h = 0$
	d  i  h 	$\underline{U}_S - \underline{U}_T = Z \underline{I}_S$	$\underline{U}_d = \underline{U}_i + Z \underline{I}_d$ $\underline{U}_h = 0$	$\underline{U}_R = (Z + 2Z_i) \underline{I}_d$ $\underline{U}_S = (\sigma^2 Z - Z_i) \underline{I}_d$ $\underline{U}_T = (\sigma Z - Z_i) \underline{I}_d$	$\underline{U}_d = (Z + Z_i) \underline{I}_d$ $\underline{U}_i = Z_i \underline{I}_d$ $\underline{U}_h = 0$
		$\underline{I}_R = 0 \quad \underline{I}_S = -\underline{I}_T$	$\underline{I}_d = -\underline{I}_i$ $\underline{I}_h = 0$	$\underline{I}_R = 0$ $\underline{I}_S = j\sqrt{3} \frac{E}{Z_d + Z_i + Z}$ $\underline{I}_T = -\underline{I}_S$	$\underline{I}_d = \frac{E}{Z_d + Z_i + Z}$ $\underline{I}_i = -\underline{I}_d$ $\underline{I}_h = 0$
	d  i  h 	$\underline{U}_S = \underline{U}_T = Z \underline{I}_p$	$\underline{U}_i = \underline{U}_d$ $\underline{U}_h - \underline{U}_i = 3Z \underline{I}_h$	$\underline{U}_R = \frac{3E Z_i (Z_h + 2Z)}{Z_d Z_i + (Z_d + Z_i)(Z_h + 3Z)}$ $\underline{U}_S = \underline{U}_T = \frac{-3E Z Z_i}{Z_d Z_i + (Z_d + Z_i)(Z_h + 3Z)}$	$\underline{U}_d = \underline{U}_i = -Z_i \underline{I}_i = -(Z_h + 3Z) \underline{I}_h$ $\underline{U}_h = -Z_h \underline{I}_h = \underline{U}_d + 3Z \underline{I}_h$
		$\underline{I}_R = 0 \quad \underline{I}_S + \underline{I}_T = \underline{I}_p$	$\underline{I}_i + \underline{I}_h = -\underline{I}_d$	$\underline{I}_R = 0$ $\underline{I}_S = \frac{-\sqrt{3} E [\sqrt{3} Z_i + j(2Z_h + Z_i + 6Z)]}{2[Z_d Z_i + (Z_d + Z_i)(Z_h + 3Z)]}$ $\underline{I}_T = \frac{-\sqrt{3} E [\sqrt{3} Z_i - j(2Z_h + Z_i + 6Z)]}{2[Z_d Z_i + (Z_d + Z_i)(Z_h + 3Z)]}$	$\underline{I}_d = \frac{E}{Z_d + Z_i + Z_h + 3Z}$ $\underline{I}_i = -\frac{E(Z_h + 3Z)}{Z_d Z_i + (Z_d + Z_i)(Z_h + 3Z)}$ $\underline{I}_h = -\frac{E Z_i}{Z_d Z_i + (Z_d + Z_i)(Z_h + 3Z)}$
	d  i  h 	$\underline{U}_R = Z \underline{I}_R$	$\underline{U}_d + \underline{U}_i + \underline{U}_h = 3Z \underline{I}_d$	$\underline{U}_R = \frac{3E}{Z_d + Z_i + Z_h + 3Z}$ $\underline{U}_S = \frac{-\sqrt{3} E \cdot \sqrt{3}(Z_h + 2) + j(Z_h + 2Z_i + 3Z)}{2 \cdot \frac{Z_d + Z_i + Z_h + 3Z}{2}}$ $\underline{U}_T = \frac{-\sqrt{3} E \cdot \sqrt{3}(Z_h + 2) - j(Z_h + 2Z_i + 3Z)}{2 \cdot \frac{Z_d + Z_i + Z_h + 3Z}{2}}$	$\underline{U}_d = -(Z_i + Z_h - 3Z) \underline{I}_d$ $\underline{U}_i = -(Z_h - Z) \underline{I}_d$ $\underline{U}_h = -Z_h \underline{I}_d$
		$\underline{I}_S = 0 \quad \underline{I}_T = 0$	$\underline{I}_d = \underline{I}_i = \underline{I}_h$	$\underline{I}_R = \frac{3E}{Z_d + Z_i + Z_h + 3Z}$ $\underline{I}_S = 0$ $\underline{I}_T = 0$	$\underline{I}_d = \underline{I}_i = \underline{I}_h = \frac{E}{Z_d + Z_i + Z_h + 3Z}$

